

# Trabajo Fin de Grado

## **Análisis sectorial sobre consumo energético y emisiones de CO<sub>2</sub> en España**

Sectoral analysis on energy consumption and CO<sub>2</sub> emissions in Spain

Autor/es

Pilar Sacacia Entío

Director/es

María Luisa Feijoó Bello

Facultad de Economía y Empresa

2021



**TÍTULO DEL TRABAJO:** Análisis sectorial sobre consumo energético y emisiones de CO<sub>2</sub> en España

**AUTORA:** Pilar Sacacia Entío

**DIRECTORA:** María Luisa Feijoó Bello

**TITULACIÓN:** Doble Grado en Derecho y Administración y Dirección de Empresas

## **RESUMEN**

El cambio climático es uno de los principales desafíos de la humanidad en la actualidad, por lo que los gobiernos se encaminan hacia un modo de producción más eficiente en el uso de energía y de emisiones de gases de efecto invernadero. Este trabajo analiza las relaciones entre la producción económica, el consumo energético final y las emisiones de gases de efecto invernadero entre 1995 y 2018 por medio de la identidad IPAT y del método LMDI-I. Para ello, la evolución de los indicadores de intensidad emisora, intensidad energética y del factor de carbonización serán estudiados. Por último, se llevará a cabo el análisis sectorial de la Agricultura, la Industria y los Servicios, poniendo el foco en los sectores energético y del transporte por su importancia en la eficiencia del consumo de energía y la intensidad de las emisiones de gases de efecto invernadero.

## **ABSTRACT**

Climate Change is one of the biggest challenges that the world is facing today, so governments are moving towards a more energy-efficient and greenhouse emissions-limiting mode of production. This paper analyses the relationships between economic production, final energy consumption and greenhouse gas emissions between 1995 and 2018, by means of the IPAT identity and the LMDI-I method. For this purpose, the evolution of the indicators of emission intensity, energy intensity and the carbonization factor will be studied. Finally, the sectorial analysis of Agriculture, Industry and Services will be carried out, focusing on the energy and transport sectors because of their importance for energy efficiency and the intensity of greenhouse emissions.



## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>9</b>
<b>El consumo energético en España .....</b>	<b>14</b>
<b>2. METODOLOGÍA .....</b>	<b>18</b>
<b>2.1. LA IDENTIDAD IPAT .....</b>	<b>18</b>
<b>2.2. LA TÉCNICA LMDI.....</b>	<b>20</b>
<b>3. RESULTADOS .....</b>	<b>23</b>
<b>3.1. ANÁLISIS AGREGADO DE ESPAÑA .....</b>	<b>23</b>
<b>3.2. ANÁLISIS SECTORIAL .....</b>	<b>29</b>
<b>A. Agricultura, ganadería, silvicultura, pesca y explotación forestal .....</b>	<b>30</b>
<b>B. Sector Industrial.....</b>	<b>32</b>
<b>C. Sector energético .....</b>	<b>35</b>
<b>D. Sector Terciario y Residencial .....</b>	<b>38</b>
<b>E. Sector del Transporte .....</b>	<b>42</b>
<b>4. CONCLUSIONES .....</b>	<b>46</b>
<b>5. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>49</b>



## **ABREVIATURAS**

CMNUCC:	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
CO <sub>2</sub> -eq kt:	Kilotoneladas de CO <sub>2</sub> equivalentes
EEMM:	Estados Miembro de la Unión Europea
GEI:	Gases de efecto invernadero
IE:	intensidad energética
INE:	Instituto Nacional de Estadística
INGEI 2020:	Informe del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de 2020, elaborado por el Gobierno de España
ODS:	Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas
PIB:	Producto Interior Bruto
tpe:	Toneladas de petróleo equivalente
UE:	Unión Europea
VAB:	Valor Añadido Bruto





## 1. INTRODUCCIÓN

El cambio climático es indudablemente uno de los mayores desafíos a los que la humanidad se enfrenta en la actualidad. Este fenómeno trata de un cambio de clima provocado por una alteración en la composición de la atmósfera terrestre que se atribuye, directa o indirectamente, a la actividad humana (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, en adelante CMNUCC)<sup>1</sup>. El efecto invernadero es un proceso natural gracias al cual la Tierra es capaz de mantener una temperatura y condiciones adecuadas para la vida. Sin embargo, en los últimos siglos, la actividad humana ha ido aumentando significativamente las concentraciones de gases de efecto invernadero (en adelante, GEI) en la atmósfera. Este incremento intensifica el efecto invernadero natural, dando lugar a un calentamiento adicional de la superficie y la atmósfera terrestres, causando drásticas repercusiones a la humanidad, las economías y los ecosistemas.

La más importante de las emisiones de GEI es la de CO<sub>2</sub> puesto que, debido a su abundancia, es el principal responsable del efecto invernadero. Como prueba de ello, el dióxido de carbono supuso un 80,7% de las emisiones totales de GEI en España durante el año 2018, según lo dispuesto en el Informe del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de 2020, elaborado por el Gobierno de España (en adelante INGEI 2020).

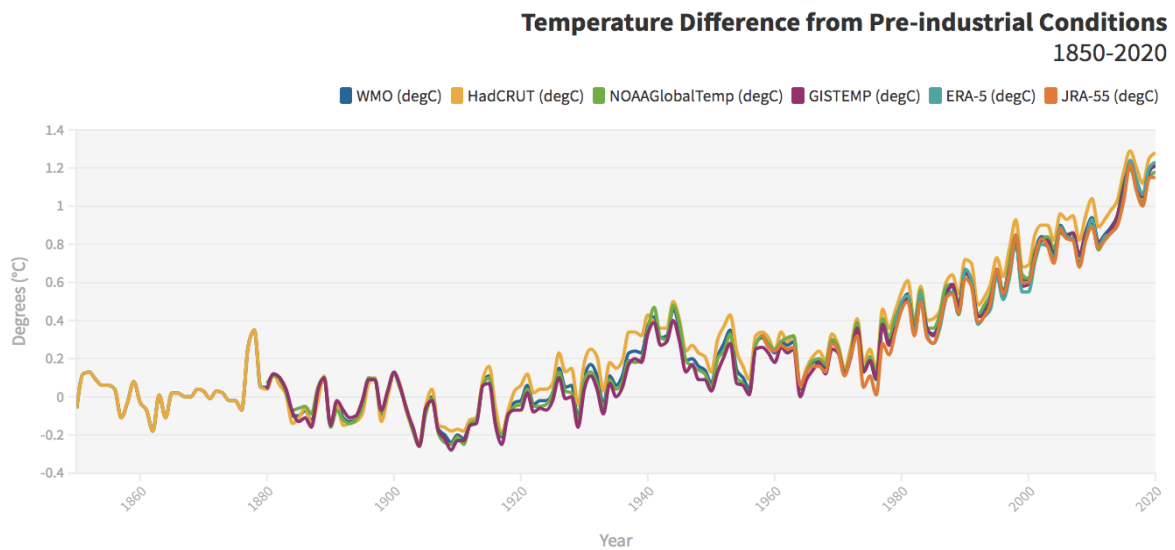
La temperatura media global de la atmósfera ya ha aumentado 1,1°C desde la época preindustrial, y los expertos estiman que este aumento podría llegar a los 4,8°C para final de siglo (Greenpeace, 2019)<sup>2</sup>. En este sentido, existe la opinión generalizada entre los científicos de que superar el límite de los 2°C en comparación con los niveles de 1990 tendría consecuencias irreversibles para nuestro planeta (CMNUCC, 1992). El siguiente gráfico del *State of Global Climate 2020* muestra la evolución del aumento de temperatura en relación con las condiciones de la era preindustrial, observándose una clara tendencia al alza.

---

<sup>1</sup> Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, FCCC/INFORMAL/84 GE.05-62301 (S) 220705 220705.

<sup>2</sup>Greenpeace: Cambio climático. Consultado el 10 de febrero de 2021. Disponible en <https://es.greenpeace.org/es/trabajamos-en/cambio-climatico/>.

**Gráfico 1.- Diferencia de temperatura respecto a las condiciones preindustriales**



Fuente: Estado del Clima Mundial de 2020, elaborado por la Organización Mundial Meteorológica (WMO)

Asimismo, hay consenso científico respecto a la insostenibilidad del modelo de producción y consumo energético actual. Mientras que la demanda energética aumenta incesantemente, los recursos son cada vez más escasos. La mayor parte del abastecimiento energético se origina a partir de combustibles fósiles que, no sólo tienen una vida limitada, sino que además emiten CO<sub>2</sub> en su combustión, impulsando así el cambio climático. Por esta razón, debido al peso que tiene la combustión energética en las emisiones de GEI, es conveniente controlar la eficiencia energética por medio del consumo energético asociado al crecimiento económico.

La naturaleza global del cambio climático requiere la máxima cooperación internacional para dirigirse a un mundo sostenible con un consumo energético más eficiente. Por ello, la negociación entre países es indispensable para lograr una respuesta mundial efectiva. El primer foro internacional que reconoció la importancia del cambio climático y la urgente necesidad de encontrar una solución fue la CMNUCC, creado en la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro. Hoy en día sigue siendo el principal acuerdo intergubernamental, y aspira a estabilizar las concentraciones de GEI a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático. Se trata de conseguir este objetivo en un plazo suficiente que permita a los ecosistemas adaptarse naturalmente al cambio climático, sin poner en peligro la producción de alimentos y permitiendo que el desarrollo económico continúe de forma sostenible.

En 1997, los países de la CMNUCC aprobaron el Protocolo de Kyoto, que entraría en vigor en 2005, comprometiéndose a la reducción de las emisiones de GEI en los países industrializados, en conformidad con las metas acordadas para cada uno de ellos. En 2015, se firmó el Acuerdo de París como un tratado internacional jurídicamente vinculante cuyo objetivo consiste en frenar el calentamiento global por debajo de los 2°C, y preferiblemente por debajo de los 1,5°C respecto a los niveles preindustriales.

En este contexto, las Naciones Unidas han recogido 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS en adelante) en la Agenda ODS 2030<sup>3</sup>, entre los que se encuentra la lucha contra el cambio climático. Los objetivos más relevantes para este trabajo son el 7 “Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos”, el 8 “Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible”, el 12 “Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles” y el 13 “Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos”. En este sentido, uno de los indicadores utilizados en el Marco de indicadores mundiales la Agenda ODS 2030<sup>4</sup> es la intensidad energética (IE en adelante). La IE mide en función de la energía primaria y el producto interior bruto de un país (PIB en adelante), evaluando la sostenibilidad del crecimiento económico.

En la Unión Europea (UE en adelante), el sector energético y el cambio climático están estrechamente relacionados, puesto que el 79% de las emisiones de GEI proceden de la producción y el consumo de energía, principalmente de la transformación y el consumo de combustibles fósiles<sup>5</sup>. Por su parte, la Comisión Europea recoge en el Libro Verde para el sector energético<sup>6</sup> los tres principales objetivos de la política energética europea: minimizar el impacto ambiental por medio de la sostenibilidad, garantizar la competitividad del modelo económico y la seguridad del abastecimiento. La búsqueda de una mayor eficiencia energética que no suponga un obstáculo para el desarrollo económico europeo convierte a la IE en uno de los mejores indicadores para el control y desarrollo de las políticas públicas.

---

<sup>3</sup> Agenda ODS 2030: Proyecto de documento final de la cumbre de las Naciones Unidas para la aprobación de la agenda para el desarrollo después de 2015, de 12 de agosto de 2015, A/69/L.85.

<sup>4</sup> Marco de indicadores mundiales para los Objetivos de Desarrollo Sostenible y metas de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (A/RES/71/313; E/CN.3/2020/2).

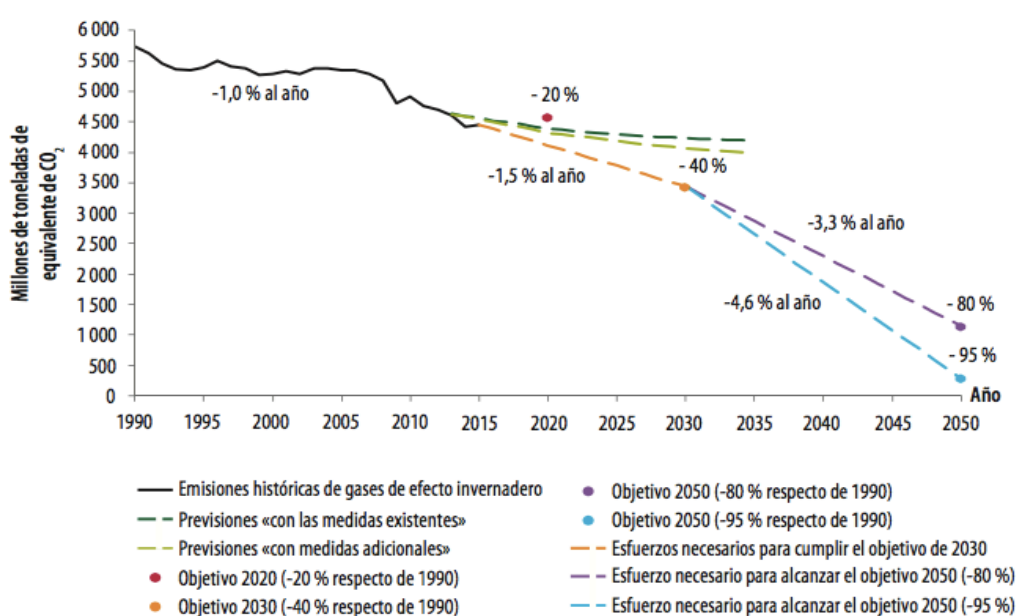
<sup>5</sup> Análisis panorámico. Acción de la UE en materia de energía y cambio climático, elaborado por el Tribunal de Cuentas Europeo (2017).

<sup>6</sup> Libro Verde de la Comisión, de 8 de marzo de 2006, «Estrategia europea para una energía sostenible, competitiva y segura» COM (2006) 105.

La principal regulación europea relativa al control de las emisiones de GEI es el Reglamento nº 525/2013 relativo a un mecanismo para el seguimiento y la notificación de las emisiones de gases de efecto invernadero y para la notificación, a nivel nacional o de la Unión, de otra información relevante para el cambio climático, así como el Reglamento de Ejecución nº 749/2014 de dicho Reglamento. Esta norma tiene como objeto garantizar la oportunidad integridad, exactitud, coherencia, comparabilidad y transparencia de la información presentada por la UE y sus Estados Miembro (EEMM en adelante) a la CMNUCC, así como la notificación y verificación de la información relativa a los compromisos contraídos en virtud de la CMNUCC y del Protocolo de Kyoto, y la evaluación de los progresos de los EEMM en el cumplimiento de los mismos.

El siguiente gráfico muestra las potenciales tendencias en las emisiones de GEI en la UE en función de que se cumplan los distintos objetivos propuestos en el horizonte 2020, 2030 y 2050. Como puede apreciarse, mientras que los objetivos de 2030 son alcanzables con esfuerzo de los EEMM de la UE, todavía nos encontramos muy lejos de lograr los objetivos marcados para 2050, por lo que queda un largo camino por recorrer.

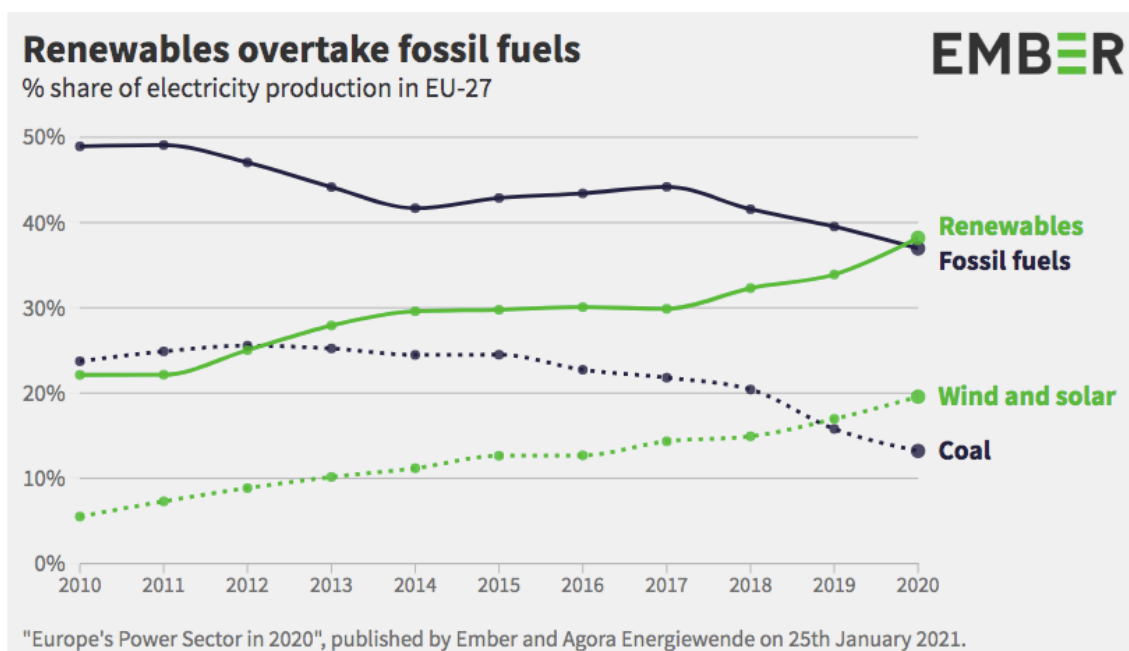
**Gráfico 2.-** Tendencias, previsiones y metas y objetivos de reducción de las emisiones de GEI en la UE



Fuente: Acción de la UE en materia de energía y cambio climático 2017, a partir de la Agencia Europea de Medio Ambiente, Trends and projections in Europe 2016.

Sin embargo, la noticia de que en 2020 la Unión Europea ya produjo más electricidad con energías renovables que con combustibles fósiles da esperanzas respecto al logro de los mencionados ODS 2030 y 2050.

**Gráfico 3.-** Porcentaje de producción de electricidad en la UE-27



Fuente: “Europe’s Power Sector in 2020”, publicado por Ember and Agora Energiewende (25 enero 2021).<sup>7</sup>

<sup>7</sup> Consultado el 28 de marzo de 2021. Disponible en <https://ember-climate.org/project/eu-power-sector-2020/>.

## El consumo energético en España

En la actualidad, el sistema energético español se encuentra en medio de un proceso de transición. El Real Decreto-ley 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores<sup>8</sup>, ha puesto de manifiesto su propósito de llegar a un nuevo paradigma caracterizado por la descarbonización, la descentralización de la generación energética, la electrificación de la economía, con una participación más activa de los consumidores, y un uso más sostenible de los recursos, incluida la energía.

Sin embargo, el proceso de transición energética en España empezó mucho antes. Con la entrada en vigor del Protocolo de Kyoto, se realizó un reparto interno entre los Estados Miembros de la UE relativo a la reducción de emisiones de GEI. Este compromiso supuso en España el deber de que las emisiones netas de GEI en el periodo entre 2008 y 2012 no superara el 15% del nivel de emisiones del año base 1990. Posteriormente, España ratificó el Acuerdo de París en enero de 2017, convirtiéndose éste en el marco de referencia para la política energética española.

El 29 de junio de 2018, el Consejo de Ministros aprobó el Plan de Acción para la implementación de la Agenda ODS 2030, una Estrategia Española de Desarrollo Sostenible. En el documento se reconocen las emisiones de CO<sub>2</sub> como el principal vector de transformación del sector de la energía en aras de lograr un modelo económico sostenible para luchar contra la alerta climática. Como ya se ha indicado, el índice de IE es muy útil para medir la eficiencia energética de un país puesto que relaciona el consumo energético con el PIB.

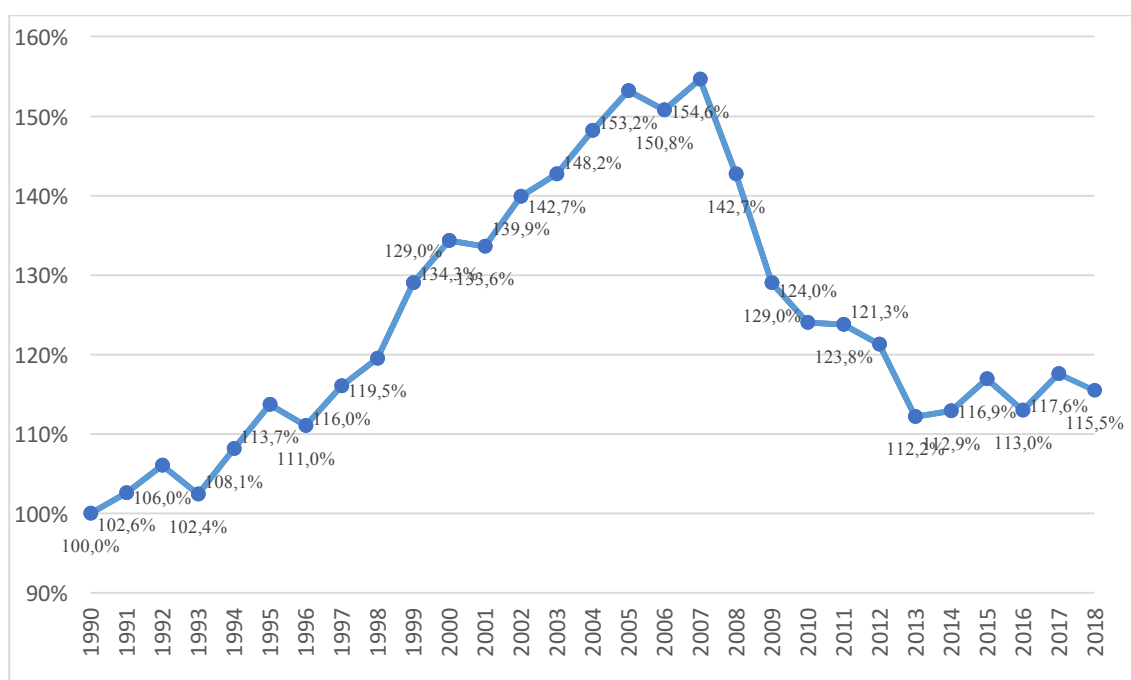
En España, la evolución de este indicador se mantuvo estable entre 1995 y 2005 pero a partir de este año la intensidad energética experimentó una considerable mejora, debido a una mayor eficiencia energética en la economía del país. Aún con todo, nos encontramos lejos de alcanzar la paridad con la media europea. Mientras que la intensidad energética europea se redujo un 24% entre 2000 y 2016, en España todavía no hemos conseguido esa desacoplación del crecimiento económico de las emisiones de GEI, descendiendo solo un 14% (INGEI, 2020).

---

<sup>8</sup> BOE nº 242, de 6 de octubre de 2018.

La evolución en las emisiones GEI en España desde 1990 se debe básicamente a variaciones en la población, el crecimiento económico y el consumo energético. El incremento irregular en la primera mitad de la década de los 90 fue causada por el crecimiento económico del país, con una bajada moderada debida a la recesión económica de 1992 y 1993. Posteriormente, las emisiones han aumentado incesantemente debido al crecimiento demográfico y económico del país, alcanzando el pico de la serie en 2007 con 447.254 kilotoneladas de CO<sub>2</sub>-eq estimadas, lo que supone un incremento del 54,6% sobre los niveles de 1990. La tendencia bajista a partir de este punto se explica por la crisis económica. Y a pesar de la recuperación económica, en los últimos años se aprecia una cierta estabilización debido a una mayor eficiencia en el consumo energético. Los últimos datos oficiales en el INGEI 2020 son de 2018, con 334.255 kilotoneladas de CO<sub>2</sub>-eq, lo que implica un 15,5% por encima del año base.

**Gráfico 4.- Variación relativa del agregado de emisiones GEI respecto al año base 1990**



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Inventario Nacional GEI (2020).

A pesar de que en 2018 hubo un incremento del 2,4% del PIB, se observó una disminución de las emisiones de GEI debida a la transición del sector energético, puesto que sus emisiones disminuyeron un 13,3%. El elemento clave para ello fue un acusado incremento del 87,4% de la producción hidráulica y a un descenso del 10,5% de la producción eléctrica en centrales térmicas de carbón.

En España, el causante de la mayoría de las emisiones de GEI es el sector energético, siéndole imputables el 75,8% de las emisiones totales del Inventario Nacional en 2018 (INGEI, 2020). Dentro del mismo, el máximo responsable es el transporte, con el 27% de las emisiones totales, seguido de la industria con el 20% y la generación de electricidad con el 18%. La alta intensidad emisora de nuestro sistema energético se debe fundamentalmente a que está basado en el uso de combustibles fósiles, en concreto productos petrolíferos, carbones y gas natural. Sin ir más lejos, los combustibles fósiles produjeron el 75% de la energía primaria del país en 2018 (INGEI, 2020).

Sin embargo, el panorama está cambiando y, en febrero de 2021, se ha dado el máximo histórico de electricidad producida con energías renovables, llegando el 64% (PV MAGAZINE, 2021)<sup>9</sup>. Según el Balance 2020 REE<sup>10</sup>, las energías renovables produjeron en España 110.755 GWh, lo que equivale al 44% de la producción total, los combustibles fósiles el 32%, y la energía nuclear el 22,2%. En este contexto esperanzador de transición energética a fuentes más limpias, el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima señala que el 74% de la energía que se consuma en 2030 deberá ser renovable, para luego alcanzar el 100% en 2050<sup>11</sup>.

Una de las principales peculiaridades de nuestro sistema energético siempre ha sido su alta dependencia energética, con un 73,9% en 2017 (INE España en cifras, 2019), frente a una media europea del 54%. Por consiguiente, la alta dependencia energética del exterior convierte a la mejora de la intensidad energética en uno de los objetivos clave en España, que se encamina hacia un sistema energético más eficiente, incrementando la presencia de las energías renovables.

Por sectores, el transporte, la industria y el sector energético son las ramas de actividad que emiten los niveles más altos GEI, con un 27%, 20% y 18% respectivamente en 2018, tal y como indica el Gráfico 5. Estos porcentajes son lógicos, puesto que los sectores energético y del transporte son los más intensivos en el consumo de energía del país. Y por esta razón, debido a su peso, son los sectores que ofrecen el potencial más prometedor en cuanto a eficiencia energética y reducción de emisiones.

---

<sup>9</sup> “Máximo histórico: las renovables cubren el 64% de la demanda en febrero 2021”, en *PV Magazine*, 1 marzo 2021. Consultado el 28 de marzo de 2021. Disponible en <https://www.pv-magazine.es/2021/03/01/maximo-historico-las-renovables-cubren-el-64-de-la-demanda-en-febrero/>.

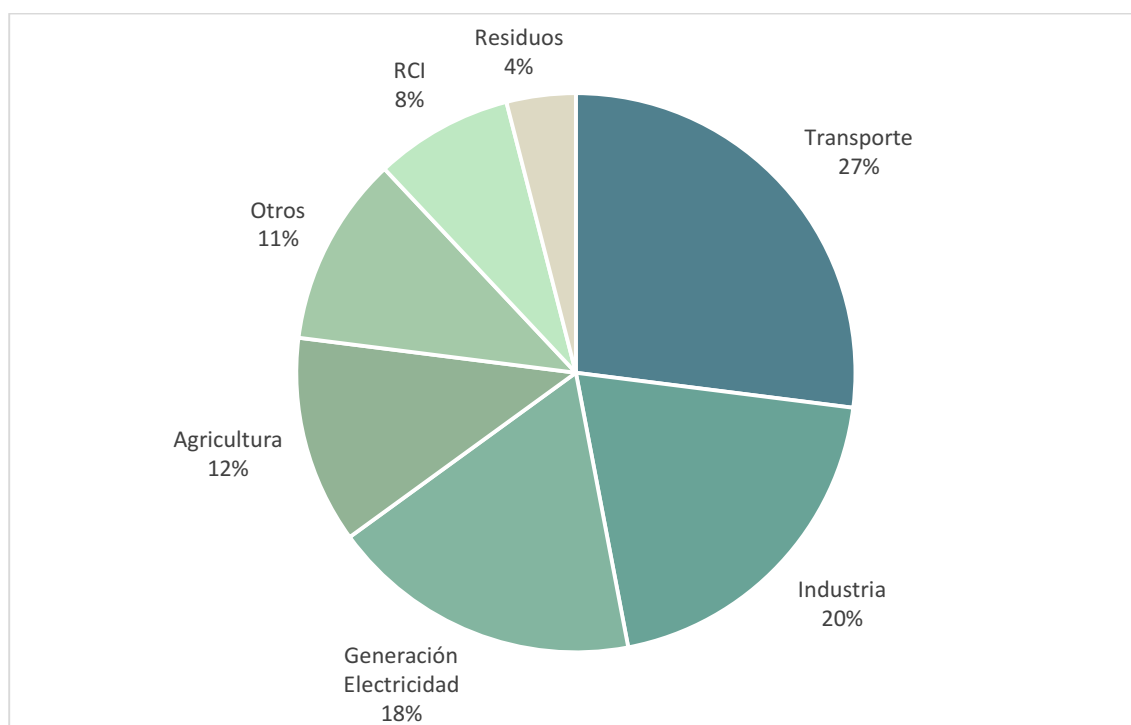
<sup>10</sup> Balance 2020 de la Red Eléctrica de España.

<sup>11</sup> Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030.



Según el Índice de Red Eléctrica (IRE), que recoge los datos de la demanda eléctrica de grandes consumidores, la industria ha sido el único sector que ha experimentado una bajada en 2019, en concreto del 3,9% respecto al año anterior. Sin embargo, dado el elevado peso de este sector, esta moderada caída se refleja en un descenso del consumo energético total del país.

**Gráfico 5.-** Distribución de las emisiones brutas de GEI en 2018 por sector.



Fuente: Elaboración propia a partir del Inventario Nacional GEI (2020).

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1. LA IDENTIDAD IPAT

Las variaciones de impactos ambientales tales como las emisiones de CO<sub>2</sub> se deben a cuatro componentes principalmente: la población, la afluencia (variable que normalmente se identifica con el PIB per cápita), la estructura de la demanda y los coeficientes de emisión (Roca, 2002). Para lograr el objetivo propuesto en este Trabajo de Fin de Grado, va a utilizarse la metodología de descomposición factorial, debido a que permite relacionar variables económicas y ambientales. El punto de partida es la siguiente identidad de tipo IPAT:

$$C = \frac{C}{E} \times \frac{E}{PIB} \times PIB \quad (1)$$

En la que  $C$  se refiere a las emisiones de GEI,  $E$  al consumo de energía final y el  $PIB$  al valor de la producción en el país o región objeto de análisis. Las identidades de tipo IPAT expresan una variable de impacto ambiental como producto de otras variables. En particular, el impacto ambiental depende de la tecnología, la afluencia de bienes a la sociedad y la población como factor de escala (Alcántara y Padilla, 2010). Consecuentemente, es posible analizar la variación de la variable explicada ( $C$ ) en función del cambio de las variables explicativas.

La expresión (1) es una versión modificada de la identidad de Kaya (1989), la cual denota que las emisiones de GEI ( $C$ ) dependen de tres elementos: el factor de carbonización del consumo energético ( $C/E$ ), el factor de intensidad energética final ( $E/PIB$ ) y el factor escala ( $PIB$  real). Al igual que Alcántara y Padilla (2010), en este trabajo se agregan los factores afluencia y población de la identidad de Kaya ( $(Y/POB)*POB$ ) en el factor escala del  $PIB$ , así como los factores de transformación e intensidad de energía final del  $PIB$  en el factor de intensidad energética ( $(EP/EF)*(EF/Y)$ ).

Es posible reordenar la expresión (1) de la siguiente forma:

$$\frac{C}{PIB} = \frac{E}{PIB} \times \frac{C}{E} \quad (2)$$

De esta manera, la identidad (2) nos indica que la intensidad emisora ( $C/PIB$ ) es igual a la intensidad energética ( $E/PIB$ ) por el factor de carbonización ( $C/E$ ). A continuación, se procede a la determinación de estos dos conceptos para una mejor comprensión de sus implicaciones.

La **Intensidad Energética (IE)** relaciona el consumo energético total del Estado objeto de análisis con su PIB ( $E/PIB$ ), por lo que representa la cantidad de unidades de energía necesarias para producir una unidad de producto de la economía en términos de PIB. Según Alcántara y Roca (2000), la intensidad energética depende de factores como la estructura de la demanda de bienes y servicios, la eficiencia energética en la provisión de bienes y servicios y el modelo de transporte.

Un alto nivel de intensidad energética implica que la inversión energética para la creación de valor en el país es elevada, y por tanto poco eficiente. Sin embargo, un nivel bajo de intensidad energética supondría una mejora sustancial de la competitividad y la sostenibilidad del estado. La reducción de este índice mediante políticas de optimización y ahorro energético serían clave para el panorama español, dada su notable dependencia energética del exterior.

Este indicador se utiliza para medir la eficiencia energética de un país o región, pero es necesario hacer ciertas precisiones para que los resultados puedan ser interpretados concretamente. La cantidad de energía final necesaria para producir una unidad de producto en un país dependerá de la complejidad del proceso y de la tecnología utilizada en el mismo. Por consiguiente, un proceso será más eficiente cuanto más próximo esté su consumo energético a la cantidad óptima de la función de producción. Sin embargo, la IE es un método de análisis agregado de la eficiencia energética de un país, y esto puede llevar a error si no se tiene en cuenta la estructura económica del mismo. La estructura económica no afecta a la eficiencia energética de los procesos concretos, pero sí que influye a la IE ya que consiste en visión agregada de los distintos sectores, sin individualizar. Por tanto, una economía en la que el sector industrial tenga un peso mayor tendrá una IE superior a una economía que se base principalmente en el sector servicios, pero eso no significa que sus procesos sean energéticamente más eficientes. (Mendiluce Villanueva, 2010). Por ello, se entiende conveniente en este trabajo para una mayor comprensión del consumo energético español estudiar la evolución sectorial de la IE, ya que dependerá de la eficiencia energética de cada sector.

Además, la IE puede relacionarse con la energía primaria y con la energía final. La energía primaria es aquella presente en la naturaleza, comprendiendo tanto la energía primaria renovable proveniente de fuentes de energía como la eólica, hidráulica, solar y la de biomasa, como la energía primaria no renovable, que engloba la energía originada por el petróleo, el gas, el uranio o el carbón. La energía final procede de la transformación de energía primaria, siendo aquella que es consumida por la sociedad. Por esta razón, el consumo final de energía está más directamente relacionado con las emisiones de CO<sub>2</sub> y la intensidad energética en un sector o economía.

El **factor de carbonización** se refiere al cociente entre las emisiones de CO<sub>2</sub> y el consumo energético en un país. Miernik y Goldemberg (1999) consideraban la utilidad de este indicador para evaluar la evolución del cambio climático, considerándolo notablemente más eficaz que la intensidad energética para esta labor. Sin embargo, la evidencia empírica ha demostrado una mayor variación en el tiempo y entre países de la intensidad energética que del factor de carbonización. Por esta razón Ang (1999) considera que ambos factores son igualmente necesarios, pero que debido a que el factor carbonización no incluye un término monetario, al contrario que la IE (el PIB), resulta más útil para las comparaciones entre países.

Es necesario destacar respecto a este factor que las emisiones de CO<sub>2</sub> varían en función de la fuente de energía (Roca y Alcántara, 2000). Mientras que los combustibles fósiles presentan un alto nivel de emisiones de CO<sub>2</sub>, energías renovables como la eólica y la solar, e incluso la energía nuclear, dan lugar a unas emisiones prácticamente nulas.

## 2.2. LA TÉCNICA LMDI

La metodología IDA, y más concretamente su técnica Índice de Media Logarítmica Divisia (LMDI por sus siglas en inglés) han sido ampliamente utilizados para el análisis de los cambios de intensidad energética y de los factores impulsores en el cambio del consumo de energía. En especial, esta herramienta ha resultado particularmente útil en el análisis de las fuerzas motrices que afectan al cambio del consumo de energía (Ang, 2004). Según Ang et al. (2009), la técnica comprende dos métodos, LMDI-I y LMDI-II, pero consideramos que la primera es la más idónea para este trabajo puesto que cumple con el principio de distribución proporcional por subcategoría, permitiendo una mayor consistencia en la agregación.

El análisis LMDI-I formula el consumo energético de cada sector productivo ( $E_j$ ) en la siguiente expresión (Ang et al., 2009):

$$E_i = \sum_j E_j = \sum_j Y \cdot \frac{Y_j}{Y} \cdot \frac{E_j}{Y_j} = \sum_j Y \cdot S_j \cdot I_j \quad (3)$$

En la que  $E_i$  se refiere al consumo energético total,  $Y$  al PIB o Valor Añadido Bruto (VAB en adelante), siendo  $Y_j$  el VAB del sector  $j$ ,  $S_j$  a la participación del sector  $j$  en el PIB ( $S_j = Y_j/Y$ ) e  $I_j$  a la intensidad energética del sector ( $I_j = E_j/Y_j$ ).

La formulación aditiva del método LMDI permite descomponer la variación del consumo energético de un sector en función de las variaciones de los elementos que la determinan. Por consiguiente, la descomposición del consumo energético se realiza en cuatro factores como muestra la expresión:

$$\Delta E_i = E_{i(t)} - E_{i(t-1)} = \Delta E_{act} + \Delta E_{str} + \Delta E_{int} + \Delta E_{rsd} \quad (4)$$

Donde  $\Delta E_{act}$  es el efecto del factor relativo al nivel de actividad,  $\Delta E_{str}$  es el factor estructural,  $\Delta E_{int}$  el factor de intensidad energética y  $\Delta E_{rsd}$  hace referencia al término residual. El efecto de cada factor viene dado por:

$$\Delta E_{act} = \sum_{j=1}^m w_j \ln \left( \frac{Y^T}{Y^0} \right) \quad (5)$$

$$\Delta E_{str} = \sum_{j=1}^m w_j \ln \left( \frac{S_j^T}{S_j^0} \right) \quad (6)$$

$$\Delta E_{int} = \sum_{j=1}^m w_j \ln \left( \frac{I_j^T}{I_j^0} \right) \quad (7)$$

La función del peso de cada factor es para el método LMDI-I:

$$w_j = L(E_j^T, E_j^0) \quad (8)$$

En vista de la identidad IPAT y del modelo LMDI-I, en este Trabajo de Fin de Grado en particular, las variables que van a ser utilizadas en este modelo de desagregación de índices son las siguientes:

$C$  = emisiones de GEI en toneladas de  $\text{CO}_2$  equivalentes ( $\text{CO}_2\text{-eq}$  en adelante).

$E_t$  = total consumo energético final en toneladas de petróleo equivalente (tpe en adelante).

$E_{i,t}$  = consumo energético en el sector  $i$  en tpe.

$Y_t$  = PIB total en millones de euros expresada en términos reales en base 2015.

El cálculo del PIB real o a precios constantes se ha hallado dividiendo el PIB nominal o a precios corrientes del año  $t$  entre el deflactor correspondiente del año  $t$  multiplicado por 100.

$$Y_t^r = \frac{Y_t^n}{IPC_t} \cdot 100$$

$Y_{i,t}$  = Valor Añadido Bruto (VAB) del sector  $i$  en millones de euros expresada en términos reales y en base 2000.

$S_{i,t}$  = participación del sector  $i$  en PIB ( $Y_{i,t} / Y_t$ ).

En un primer lugar, se procederá al análisis de la evolución de la eficiencia energética en España, determinando la intensidad emisora (C/PIB), la intensidad energética (E/PIB) y el factor de carbonización (C/E) entre 1995 y 2018 a través de la fórmula:

$$\frac{C_t}{PIB_t} = \frac{E_t}{PIB_t} \cdot \frac{C_t}{E_t} \quad (9)$$

Posteriormente, se llevará a cabo el análisis de eficiencia energética de los distintos sectores de la economía española por medio de la siguiente expresión:

$$E_{i,t} = Y_t \cdot \frac{Y_{i,t}}{Y_t} \cdot \frac{E_{i,t}}{Y_{i,t}} = Y_t \cdot S_{i,t} \cdot IE_{i,t} \quad (10)$$

La suma del consumo energético de cada uno de los sectores económicos españoles dará lugar al consumo energético total del país.

$$E_t = \sum_i E_i \quad (11)$$

Por consiguiente, en aplicación de la descomposición del método LMDI-I, la variación, tanto del consumo energético total como del consumo energético de cada sector puede venir explicado por el factor relativo al nivel de actividad, al factor estructural, al factor de intensidad energética y al término residual.

$$\Delta E_i = E_{i(t)} - E_{i(t-1)} = \Delta E_{act} + \Delta E_{str} + \Delta E_{int} + \Delta E_{rsd} \quad (12)$$

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. ANÁLISIS AGREGADO DE ESPAÑA

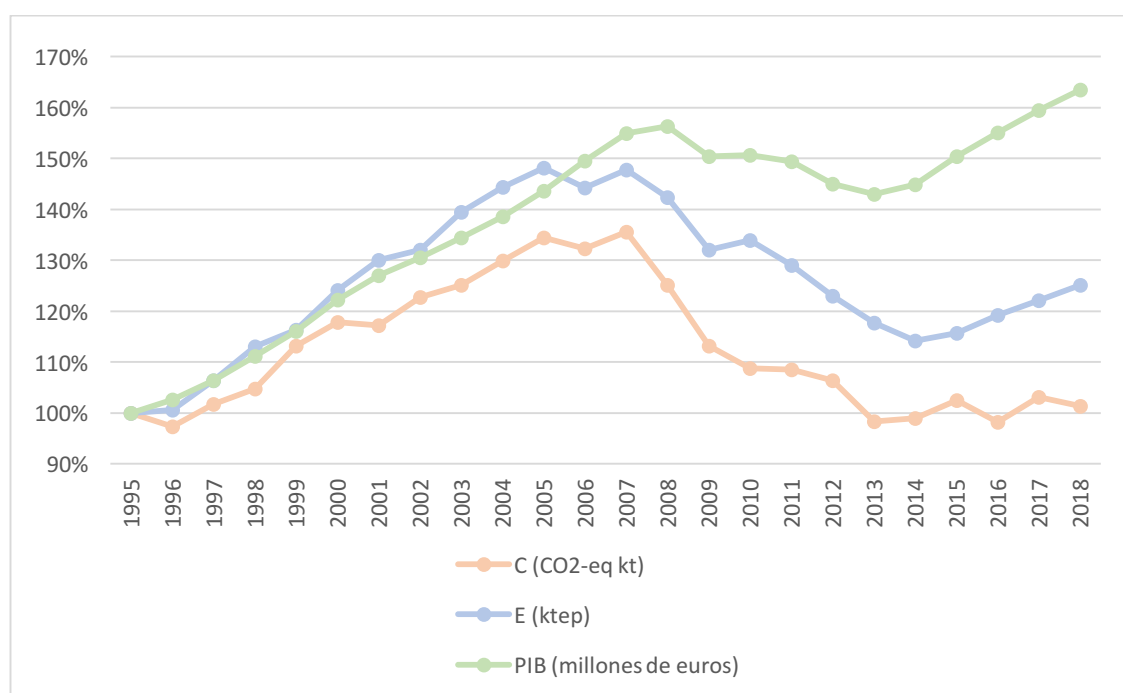
**Tabla 1.-** Evolución en España de las variables C, E y PIB entre 1995 y 2018.

ESPAÑA	C (CO2-eq kt)	E (ktep)	PIB (millones de euros)
1995	329.928	68.859	716.088
1996	321.215	69.298	735.201
1997	335.684	73.229	762.396
1998	345.813	77.898	795.867
1999	373.304	80.092	831.667
2000	388.641	85.494	875.238
2001	386.616	89.594	909.672
2002	404.847	90.923	934.487
2003	412.950	96.032	962.411
2004	428.866	99.387	992.421
2005	443.440	102.063	1.028.682
2006	436.390	99.351	1.070.859
2007	447.386	101.752	1.109.489
2008	412.950	98.005	1.119.392
2009	373.304	90.955	1.077.186
2010	358.859	92.257	1.078.967
2011	358.256	88.858	1.070.184
2012	351.022	84.688	1.038.577
2013	324.688	81.103	1.023.624
2014	326.713	78.665	1.037.762
2015	338.254	79.717	1.077.590
2016	324.109	82.106	1.110.287
2017	340.298	84.091	1.142.333
2018	334.255	86.153	1.171.213

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del INE y el INGEI 2020.

En lo relativo al PIB, entre 1975 y 2008 la economía española atravesó un periodo de expansión económica. Factores como la globalización económica, la incorporación a la Unión Económica y Monetaria Europea y el aumento de la población, especialmente la población activa gracias a la incorporación de la mujer a la vida laboral, impulsaron el crecimiento del PIB en esta etapa de la economía española. Consecuentemente, el periodo de mayor crecimiento económico se vio acompañado de un aumento paralelo del consumo energético final, y con ello, de las emisiones de GEI. En 2008 se llegó al máximo relativo del PIB en este primer periodo con un aumento del 56% respecto a los niveles de 1995, mientras que la evolución de las emisiones de GEI y de consumo energético alcanzó su máximo histórico en 2007, con un incremento del 36% y del 48% respectivamente.

**Gráfico 6.-** Evolución de C, E y PIB en base 1995 = 100 entre 1995 y 2018.



Fuente: Elaboración propia.

A partir de 2008, el PIB sufre una desaceleración ocasionada por la crisis económica que no muestra signos de recuperación hasta 2014. La crisis supuso el desplome de la producción nacional que, consecuentemente, provocó una caída incluso más pronunciada en las otras dos variables. La desaceleración de la actividad económica originó una disminución en la demanda de energía por parte de los sectores económicos y, a su vez, esto resultó en una tendencia bajista en las emisiones de GEI.

La última etapa, desde 2013 a la actualidad, se corresponde con un periodo de recuperación económica con un crecimiento estable y constante, que ya ha recuperado con creces el nivel de 2008, hasta lograr en 2018 un aumento del 64% del PIB real respecto a 1995. Como consecuencia, el consumo energético experimenta una tendencia alcista explicado principalmente por la producción de energía en las centrales térmicas para satisfacer la nueva demanda, aunque con una pendiente más moderada hasta llegar en 2018 al 125% del valor de 1995. Al contrario, en este periodo de tiempo se observa una relativa estabilización de las emisiones de GEI gracias a una mayor presencia de las energías renovables y un incremento en la eficiencia energética española, hasta finalizar el periodo estudiado casi con el mismo valor que en 1990.



La siguiente tabla recoge el análisis de las relaciones entre estos tres factores a través de los factores de intensidad emisora, intensidad energética y de carbonización. Como se ha indicado en la metodología, estos tres factores están interrelacionados entre sí, de forma que la intensidad emisora es el producto de los otros dos factores.

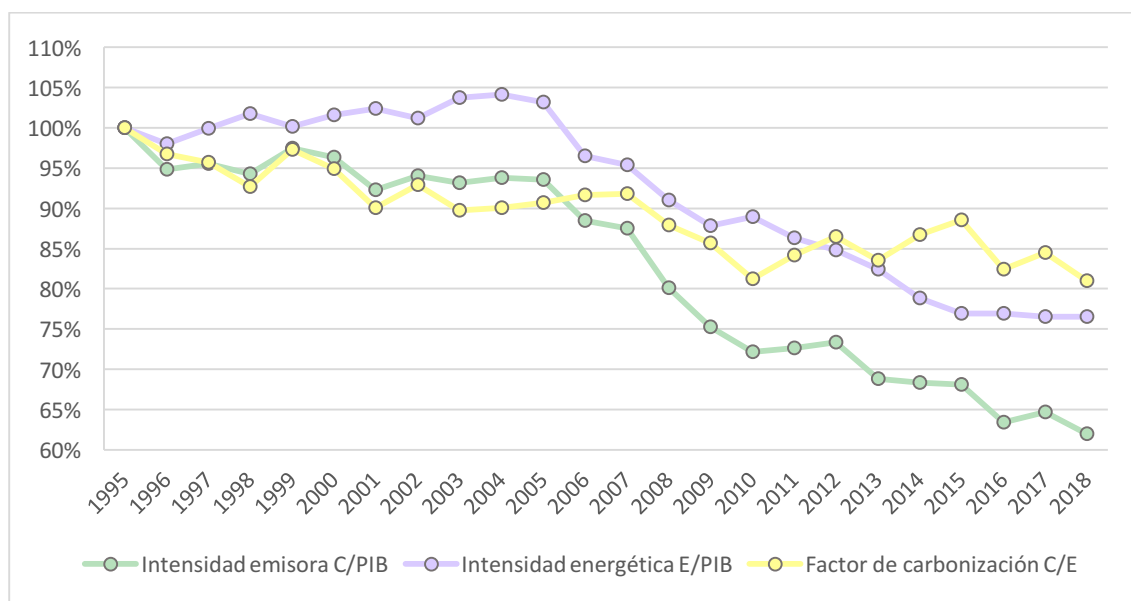
**Tabla 2.-** Evolución en España de la intensidad emisora, intensidad energética y el factor de carbonización (1995 – 2018)

ESPAÑA	<b>Intensidad emisora C/PIB</b> (CO2-eq kt / M€)	<b>Intensidad energética E/PIB</b> (ktep / M€)	<b>Factor de carbonización C/E</b> (CO2-eq kt / ktep)
1995	0,46074	0,09616	4,79136
1996	0,43691	0,09426	4,63527
1997	0,44030	0,09605	4,58403
1998	0,43451	0,09788	4,43930
1999	0,44886	0,09630	4,66094
2000	0,44404	0,09768	4,54583
2001	0,42501	0,09849	4,31520
2002	0,43323	0,09730	4,45263
2003	0,42908	0,09978	4,30012
2004	0,43214	0,10015	4,31511
2005	0,43108	0,09922	4,34477
2006	0,40751	0,09278	4,39240
2007	0,40324	0,09171	4,39683
2008	0,36891	0,08755	4,21356
2009	0,34655	0,08444	4,10427
2010	0,33259	0,08550	3,88978
2011	0,33476	0,08303	4,03178
2012	0,33798	0,08154	4,14488
2013	0,31719	0,07923	4,00340
2014	0,31483	0,07580	4,15322
2015	0,31390	0,07398	4,24319
2016	0,29191	0,07395	3,94745
2017	0,29790	0,07361	4,04678
2018	0,28539	0,07356	3,87978

Fuente: Elaboración propia

La identidad de Kaya (1989) nos dirige a la idea de que las emisiones de CO<sub>2</sub> en un país dependen principalmente de las fuentes energéticas utilizadas para abastecer la demanda y de la demanda de energía. La primera relación viene reflejada en el denominado factor de carbonización, que será evaluado a continuación. Por su parte, la segunda relación se manifiesta en la intensidad emisora puesto que, la demanda energética de un país, dependerá a su vez de la estructura económica y la población del mismo.

**Gráfico 7.-** Evolución de la intensidad emisora, intensidad energética y factor de carbonización en España (1995-2018).



Fuente: Elaboración propia.

### INTENSIDAD EMISORA

La intensidad emisora hace referencia a las emisiones de GEI emitidas por cada unidad de PIB generada. No cabe duda de que este indicador es el que ha disminuido más incesantemente en el periodo analizado, presentando en 2018 el 61,94% de su valor en 1995. Es necesario destacar que, en el primer periodo hasta 2005, la intensidad emisora sufrió una disminución sumamente moderada debida a una tasa de crecimiento del PIB superior a la de las emisiones de CO<sub>2</sub>. Por tanto, la disminución fue debida en mayor medida al factor de carbonización que a la IE.

La entrada en vigor del Protocolo de Kyoto marca el inicio de un nuevo periodo para las emisiones de GEI en 2005. La puesta en marcha de políticas medioambientales a partir de ese momento, entre las que destacan los Planes Nacionales de Asignación de emisiones para lograr los objetivos del Protocolo de Kyoto, fueron clave para la disminución de las emisiones en España. Estos planes tienen como fin conseguir una reducción de las emisiones de GEI con una mejora de la eficiencia energética por medio del progreso tecnológico.

A partir de ese momento, el decremento de la intensidad emisora es causado por la caída de las emisiones de GEI, mientras que el PIB continúa creciendo. En este periodo, la IE es el factor que influencia en mayor medida la evolución de este factor. Sin embargo,

en el periodo estudiado, la intensidad emisora experimenta una tendencia similar a la del factor de carbonización. Ambos factores sufren una caída debido a la crisis económica de 2008 y posteriormente, a partir de 2010, sus caminos se bifurcan. Esto se explica porque la progresiva disminución en las emisiones de GEI se ha visto acompañada de un aumento mucho mayor del PIB que del consumo energético, lo que acarrea que la intensidad emisora (C/PIB) caiga en picado mientras que el factor de carbonización (C/E) fluctúa en torno a las 4 unidades de CO<sub>2</sub>-eq kt/ ktep.

### INTENSIDAD ENERGÉTICA

Como ya se ha insistido en este trabajo, la intensidad energética se considera uno de los mejores indicadores para medir la eficiencia energética de un país, puesto que relaciona el consumo de energía final del país con su producción. La evolución de este índice se debe fundamentalmente a cambios en la estructura productiva del país, destacando el peso de la producción industrial, a cambios tecnológicos, a los combustibles utilizados y a cambios en la intensidad energética sectorial, que será analizada en el apartado 3.2 (Ang, 2004).

La IE alcanzó su máximo en 2004, con un 0,10015 ktep / millón de euros. Hasta ese momento, la IE manifestaba una tendencia alcista especialmente moderada puesto que los incrementos de ambos factores evolucionan de forma paralela. En este periodo llama la atención de numerosos estudios la sostenibilidad del modelo de crecimiento español, puesto que, mientras que España presentaba esta tendencia al alza de la IE, este factor descendía en el resto de países de la UE. El crecimiento económico reflejado en el PIB supuso un aumento de la actividad económica, que trajo consigo un incremento en la demanda energética. En este sentido, las tecnologías en la generación de energía eléctrica han tenido un gran peso en la determinación de este factor, siendo el sector del transporte, el residencial y los servicios los mayores responsables del aumento de la IE.

A partir de ese 2005 las líneas de consumo energético y de PIB se cruzan para dar lugar a una disminución de la IE, quedando el crecimiento la producción nacional muy por encima de los incrementos de consumo. Para 2018, el PIB ha aumentado un 64% respecto al nivel de 1995, y el consumo energético un 25% respecto al mismo año. Así, el mayor incremento del denominador explica la disminución de la IE en los últimos años hasta alcanzar en 2018 el 23,5% del valor que presentaba al inicio del periodo estudiado

en el Gráfico 5. Los cambios estructurales y el progreso tecnológico han jugado un papel fundamental en la mejora de la eficiencia energética en la producción.

Sin duda, el conocimiento acumulado potencia un uso más eficiente de los recursos utilizados para el crecimiento económico (Roca y Padilla, 2003). No obstante, Carpintero (2003) señala que, si bien el progreso tecnológico es indispensable para la transición a una economía ambientalmente sostenible, éste no garantiza un menor deterioro ecológico. Esto se debe a que el progreso tecnológico también trae consigo costes ambientales, que no deben considerarse despreciables en relación con los antiguos productos y materiales que vengán a sustituir, y se genera en muchos casos el llamado «efecto rebote», que transforma la eficiencia y ahorro en un mayor consumo de recursos posterior. Por este motivo Carpintero enfatiza que lo importante no son tanto las reducciones relativas al PIB, sino las absolutas.

#### FACTOR DE CARBONIZACIÓN

El **factor de carbonización** (C/PIB) es un índice cuya evolución viene determinada principalmente por el cambio tecnológico y la estructura de fuentes energéticas (Roca y Alcántara, 2001). Presenta una clara tendencia ascendente hasta 2005, observándose que la evolución de las emisiones GEI y la del PIB discurren de forma paralela. En 1995 empezó el proceso de descarbonización en España, lo que, junto con los cambios en la estructura productiva del país hacia una tercerización, favorecen la disminución de las emisiones GEI. Sin embargo, este esfuerzo en la limitación de las emisiones se ve anulado por un efecto mayor, el crecimiento de la IE, que causa un aumento continuado de las emisiones hasta 2007.

La caída de la actividad económica entre 2007 y 2010 provocada por la crisis económica resultó en una disminución de clara disminución de las emisiones GEI y del PIB, lo que explica la tendencia bajista del factor carbonización en este periodo. Después se inicia el periodo de recuperación económica, durante el cual las emisiones de GEI caen de forma más moderada, para terminar fluctuando en torno a las 326.713 CO<sub>2</sub>-eq kt. Así pues, las emisiones vuelven prácticamente al nivel inicial de 1995, aunque para una producción nacional superior, que equivale a una reducción del 19,03% del factor carbonización en 2018 respecto al año base. Es posible concluir, por tanto, que en España cada vez se produce de forma más eficiente, tanto a nivel energético como ambiental.

### 3.2. ANÁLISIS SECTORIAL

Para comprender cómo afectan los cambios estructurales a la evolución de la eficiencia energética, esto es, la IE en España, se procede a un análisis del PIB y el consumo energético por sectores. Los sectores en la que el INE divide el PIB son Agricultura, Industria, Construcción y Servicios. Por otro lado, la IEA clasifica los sectores para el consumo energético final en Agricultura, Industria, Transporte, Servicios, Residencial y Otros y, además, alberga los consumos energéticos del propio sector energético. Para proceder a su comparación, en el sector servicios se incluirían el sector residencial y el de transporte, al cual el INE recoge bajo el subapartado “Comercio, transporte y hostelería”. Por su parte, la construcción se añadiría al PIB de la industria.

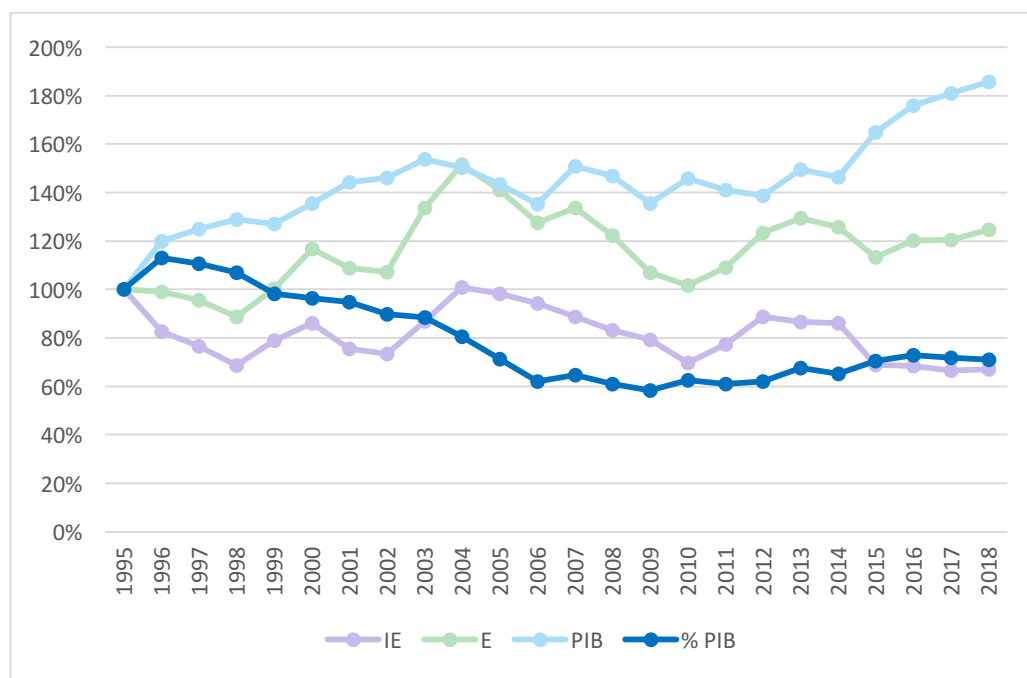
**Tabla 3.-** Clasificación de los sectores económicos.

CONSUMO TRANSFORMACIÓN	<b>SECTOR ENERGÉTICO</b>	Energía eléctrica, gas y agua Coquerías, refino y combustibles nucleares Minería y extracción de energía
CONSUMO FINAL	<b>SECTOR INDUSTRIAL</b>	Metalurgia y productos metálicos Industria Química Industria del caucho y materias primas Otros productos minerales no metálicos Maquinaria y equipo mecánico Equipo eléctrico, electrónico y óptico Extracción y Minería Industria de alimentación, bebidas y tabaco Industria del papel, edición y artes gráficas Industria de la madera y el corcho Industrias manufactureras diversas Industria textil y de la confección Industria del cuero y el calzado Construcción
	<b>SECTOR AGRÍCOLA</b>	Agricultura, pesca, ganadería, caza Silvicultura
	<b>SECTOR SERVICIOS</b>	Comercio, hostelería Transporte Inmobiliarias, serv. empresariales y financieros Administración pública Educación Sanidad y servicios sociales Sector residencial

Fuente: Elaboración propia.

## A. Agricultura, ganadería, silvicultura, pesca y explotación forestal

**Gráfico 8.-** Evolución del IE, E, PIB y participación en el PIB del sector agrícola con base 1995 = 100.



Fuente: Elaboración propia.

El PIB del sector agrícola ha crecido casi incesantemente en el periodo estudiado, hasta manifestar en 2018 un incremento del 85,8% de su valor en 1995. Sin embargo, la participación de esta rama de actividad en el PIB ha disminuido paulatinamente debido a que los sectores de servicios e industrial le han ganado terreno a la agricultura. En 1995, la agricultura suponía el 3,88% del PIB, y en los últimos seis años este porcentaje se ha estabilizado en torno al 2,7% con 33.251 millones de euros de producción en 2018.

Al contrario, no se observa una clara tendencia en el consumo energético de la agricultura, sino que fluctúa a lo largo del periodo estudiado. El máximo de consumo relativo se da en 2004, con 3.905 ktep. En los próximos años el consumo energético fluctúa para finalizar con 2.733 ktep en 2018, un 24,6% más que en el año base. Consecuentemente, la IE fluctúa en consonancia con estos dos factores hasta finalizar 2018 con una reducción del 32,9% respecto a su valor de 1995. Por tanto, según la ecuación (10) del modelo LMDI, la evolución en aumento del consumo energético del sector agrícola se debe fundamentalmente al crecimiento del PIB ( $Y_t$ ), y por las

fluctuaciones de la IE, cuyo efecto queda limitado por la disminución de la participación sectorial en el PIB ( $S_{i,t}$ ).

Cabe destacar por tanto que, en los años más recientes, la IE del sector agrícola es levemente superior a la media de la IE total, por lo que los esfuerzos por lograr un mayor desacoplamiento deberán persistir.

**Tabla 4.-** Comparación de la IE total y del sector agrícola en 2016,2017 y 2018.

	2016	2017	2018
<b>IE agricultura</b>	0,0837	0,0815	0,0822
<b>IE total</b>	0,0798	0,0736	0,0822

Fuente: Elaboración propia.

El consumo de energía en este sector se utiliza mayoritariamente para el uso de maquinaria como tractores, cosechadoras y moto cultivadores de explotaciones agrícolas, forestales y ganaderas; para la práctica del regadío a través de la extracción y la distribución por bombeo de agua de riesgo y para explotaciones agrarias como granjas agrícolas, ganaderas e invernaderos (Alcántara, 2009). Por consiguiente, cabe concluir que la mejora de la IE en los próximos años vendrá asociado a una maquinaria más eficiente o la implantación de métodos de menor consumo como la siembra directa. No obstante, hay que tener en cuenta que la mayoría de emisiones de GEI en el sector agrícola no se deben al consumo energético sino a las emisiones de metano de las ganaderías, la fermentación entérica, la quema de rastrojos, etc.

Además, la agricultura moderna depende en gran medida de los combustibles fósiles, lo que equivale a un elevado nivel de emisiones de GEI. Según los datos del INGEI (2020), el sector agrícola generó el 11,9% de las emisiones totales de GEI en 2018 (11.631 CO<sub>2</sub>-eq kt). El crecimiento de las emisiones en los últimos años se debe mayoritariamente a uso más intensivo de fertilizantes inorgánicos, y a un incremento de la cabaña ganadera. Por ello, autores como Carpintero y Nieto (2016) defienden la sustitución de los combustibles fósiles por agrocombustibles debido a que llevaría a una reducción de los consumos energéticos y con ello de las emisiones.

**Tabla 5.-** Emisiones GEI del sector agrícola.

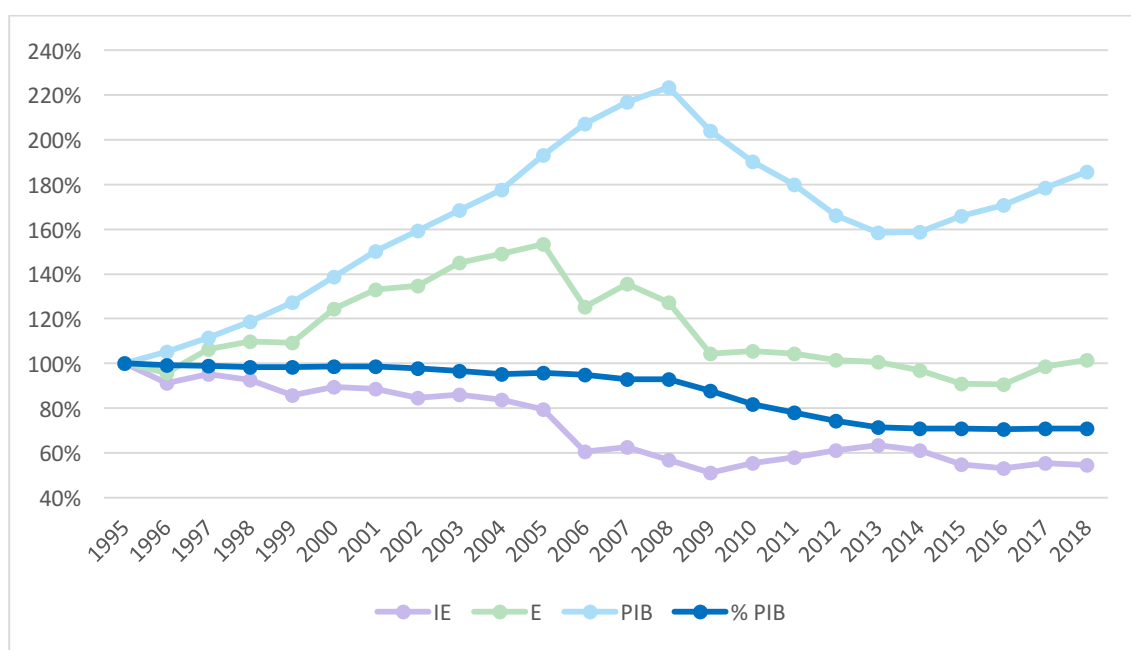
	1990	2005	2015	2017	2018
<b>CO2-eq kt</b>	8.781	11.224	11.472	11.487	11.631

Fuente: Elaboración propia a partir del INGEI 2020.

## B. Sector Industrial

Como ya se ha indicado, por cuestiones de equivalencia entre los datos relativos al PIB del INE y los referentes al consumo energético final del IEA, se incluye dentro del PIB del «sector industrial» el de la construcción y el propio de la industria. Por su especial importancia en el consumo energético español y las emisiones de GEI, en el siguiente apartado se procederá al análisis del sector energético, contenido dentro del industrial.

**Gráfico 9.-** Evolución del IE, E, PIB y participación en el PIB del sector industrial con base 1995 = 100.



Fuente: Elaboración propia.

Al igual que el resto de países de la Unión Europea, España es un país industrializado, cuya industria consume una alta cantidad de combustibles fósiles y produce grandes emisiones de GEI (Carpintero y Nieto, 2016). La industria es el segundo sector con mayor peso en el PIB español, con una media del 24,87% de participación entre 1995 y 2018. Aunque la contribución de este sector a la producción nacional se ha mantenido relativamente estable en el periodo estudiado, se percibe una ligera disminución a partir de la crisis económica de 2008, que no ha logrado recuperar su nivel inicial debido a la progresiva tercerización del sistema económico. Debido a la expansión y la industrialización de la economía española, la producción industrial aumenta hasta alcanzar su máximo en 2008 con 291.703 millones de euros, lo que supone un aumento del 123,5% respecto al valor de 1995. A partir de 2008, la crisis económica provoca una



dramática caída de su PIB sectorial que llega a su mínimo relativo en 2013, con una caída del 29,06% desde 2008 (-84.781 millones €). Ya en 2014 se observan indicios de la recuperación económica, adoptando el PIB de la industria una tendencia ascendente que con una producción de 242.331 millones € en 2018 todavía no ha logrado igualar la cifra de 2008.

La construcción ha tenido un gran peso en el PIB del sector industrial, explicando en parte la evolución del mismo. Este subsector experimentó un crecimiento extraordinario hasta 2008, año en el que aportó 115.549 millones de euros a la producción nacional, ostentando una participación del 10,41% del PIB. El boom inmobiliario propició el desarrollo de la industria cementera, una industria muy extensiva en el uso de energía. Esto potenció en parte el aumento del consumo energético de la industria hasta 2005.

En 2008 estalló la burbuja inmobiliaria, considerándose el punto de salida de la llamada crisis inmobiliaria española, lo que indica que este se vio mucho más afectado por la crisis que el resto de la economía. Así, en pocos años su producción se vio reducida a menos de la mitad. Como puede observarse, en 2014 se alcanzó el mínimo del sector en el periodo estudiado con una producción de 53.291 millones €, limitando su participación en el PIB al 5,16%. La crisis ha afectado directamente al sector industrial, y en especial a la construcción, de forma que, de la disminución de casi un 29% del PIB industrial entre 2008 y 2014 (-84.439 millones €), un 73,73% corresponde a la caída de la construcción (-62.258 millones €). Por ello, el efecto estructura ha sido el factor que más ha contribuido a la reducción del consumo energético.

**Tabla 6.- Evolución del PIB en el sector de la construcción.**

<b>CONSTRUCCIÓN</b>	1995	2008	2014	2018
PIB	39.512	115.549	53.291	66.632
% del PIB	8,58%	10,41%	5,16%	5,53%

Fuente: Elaboración propia.

El consumo energético del sector industrial aumentó hasta 2005 motivado por el crecimiento económico, año en el que se produjo el máximo en el periodo estudiado con 30.403 ktep. Este hecho se vio ligado a un aumento de las emisiones de GEI, que se vieron intensificadas por el uso de los gases fluorados. Pero luego la crisis dio lugar a un acusado descenso del consumo energético del sector, y de las emisiones GEI por consiguiente,

debido a una reducida actividad económica que hiciera uso del mismo. En 2017 y 2018 el consumo energético ha aumentado muy ligeramente debido a la recuperación económica, pero la mejora de la eficiencia frena el crecimiento de la variable consumo energético. Al contrario, las emisiones de GEI han disminuido ligeramente debido a una limitación de los mencionados gases fluorados, generando en 2018 el 19,9% de las emisiones totales (INGEI, 2020).

Como consecuencia de todo esto, el hecho de que la IE del sector ha ido disminuyendo gradualmente hasta presentar en 2018 el 54,6% del valor de 1995 supone una noticia esperanzadora. Esta mejora de la eficiencia energética se debe al progreso tecnológico, que permite optimizar el consumo energético de manera que, con una menor cantidad de recursos, la producción aumenta. Sin embargo, para lograr una industria más limpia todavía queda mucho camino por recorrer. Dos de las industrias más contaminantes en cuanto a emisiones GEI son la industria química y la del sector de automóvil, que deberán invertir en un diseño más eficiente de sus procesos productivos y en sustituir los materiales por otros cada vez más sostenibles (Carpintero y Riechmann, 2013).

Al igual que en el sector agrícola, llegamos a la conclusión de que la IE del sector industrial es superior a la IE total nacional.

**Tabla 7.- Comparación de la IE total y del sector industrial en 2016, 2017 y 2018.**

	2016	2017	2018
<b>IE industria</b>	0,0806	0,084	0,083
<b>IE total</b>	0,0798	0,0736	0,0822

Fuente: Elaboración propia.

## C. Sector energético

Normalmente el sector energético queda fuera del análisis del consumo energético final puesto que su función es consumir energía primaria (petróleo, carbón, gas...) para producir energía secundaria (fundamentalmente electricidad y productos petrolíferos). Cabe destacar que el sector energético es el más intensivo en energía, puesto que en este proceso de transformación de energía primaria en secundaria se generan unos elevados consumos energéticos y determinadas pérdidas energéticas. Por esta razón, suelen excluirse del consumo final las cantidades de energía producidas por el sector energético, ya que quedan contabilizadas como inputs del proceso de transformación (Chas, 2010).

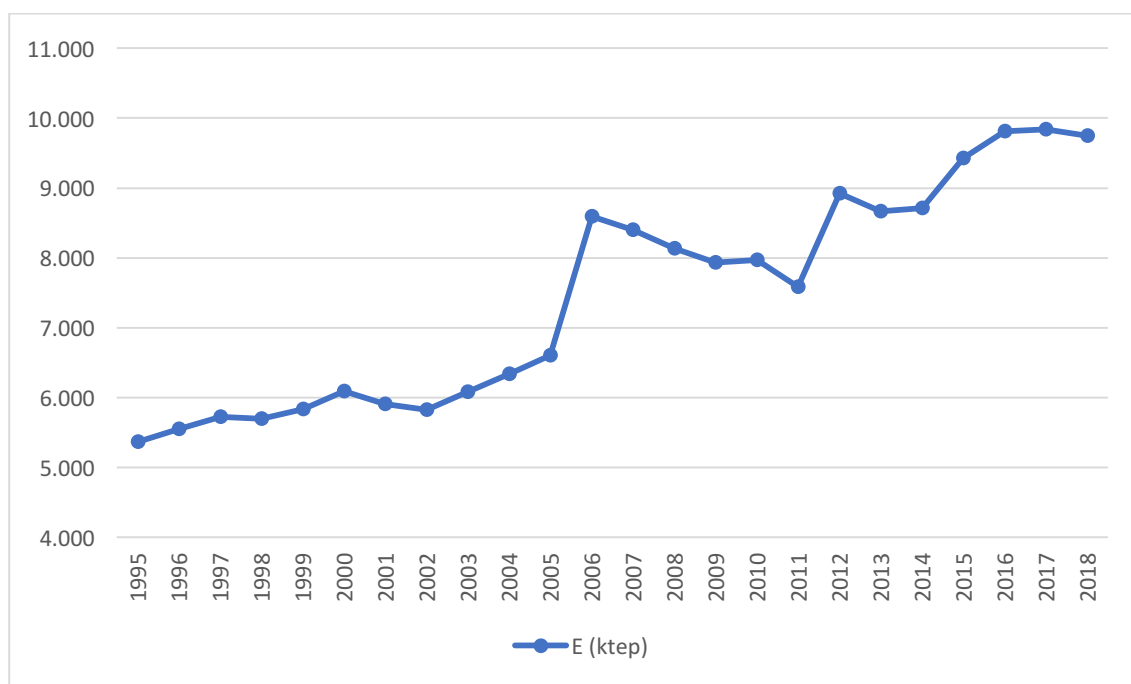
Pero a pesar de que casi ningún estudio de desagregación de la IE lo incluye, MENDILUCE (2010) defiende la incorporación de este sector transformador de energía en el análisis de la IE porque su omisión dejaría aproximadamente un 30% del consumo energético sin explicar. A esto hay que sumarle el hecho de que numerosas mejoras de eficiencia energética de los sectores –en la industria fundamentalmente- se deben a la sustitución del consumo de carbón por electricidad. Los consumos de transformar la energía primaria en final no se reflejan como energía consumida del sector, sino que estos consumos se incluyen en el «sector transformación» o «sector energético», resultando en cifras más favorables para el consumo de los sectores a costa del empeoramiento de la IE del sector energético (Mendiluce, 2010).

Por estas razones, el análisis del sector de la energía se considera indispensable para el desarrollo de este trabajo. Como no consume energía final propiamente dicha, sino que este sector se encarga de la transformación de la energía primaria en energía final, las estadísticas oficiales no lo incluyen como uno de los sectores consumidores de energía final. En consonancia con lo expuesto, los datos proporcionados por la IEA no incluyen el consumo de este sector dentro del consumo energético final, sino como el consumo propio dentro del sector transformador de la energía.

Este sector inició el periodo estudiado consumiendo 5.365 ktep en 1995 y lo terminó con 9.747 ktep en 2018, por lo que prácticamente ha duplicado su consumo energético (+4.382 ktep). La innegable tendencia al alza de este indicador se debe fundamentalmente a las necesidades de cubrir el intenso crecimiento de la demanda energética en España, que ha sido muy superior al del resto de países de la UE. En un primer momento esta industria tuvo que recurrir al carbón y demás combustibles fósiles

para la generación de energía, y a partir del 2000 las energías renovables han ido ganando cada vez más importancia. Al igual que en el resto de sectores, el consumo energético se contrajo levemente en los años siguientes a la crisis debido a la recesión de la actividad económica. Y a partir de 2011, las fluctuaciones de este indicador son causadas básicamente por las variaciones del mix energético.

**Gráfico 10.-** Evolución del E del sector energético 1995-2018.



Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 8.-** Evolución del PIB, E y IE del sector energético en 2016, 2017 y 2018.

	2016	2017	2018
<b>PIB (millones €)</b>	51.856	52.954	55.773
<b>E (ktep)</b>	9.814	9.838	9.747
<b>IE (ktep / M€)</b>	0,1893	0,1858	0,1748
<b>IE total</b>	0,0798	0,0736	0,0822

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 4 evidencia el alto índice de la IE de este sector, superior al doble de la media española ya que la IE total fue de 0,07398 ktep/M€ en 2016, de 0,07361 ktep/M€ y de 0,07356 ktep/M€. Las cifras se explican porque el PIB de este sector, así como su participación en la producción nacional han crecido sostenidamente, mientras el incremento del consumo energético en el periodo estudiado ha crecido de forma más acusada.

Esto se explica en la medida en que este sector es el encargado de satisfacer las necesidades energéticas del país, por lo que el «efecto actividad» o de crecimiento del PIB y el relativo al crecimiento de la población impulsan extraordinariamente la demanda energética del sector de Transformación y, por tanto, sus consumos propios. Aún con todo, a pesar de que las cifras sean elevadas, la IE ha disminuido en los últimos años, lo que indica una clara mejora de la eficiencia energética del sector.

**Tabla 9.- Emisiones de CO<sub>2</sub>-eq en el sector de la Energía**

	1990	2005	2010	2015	2017	2018
<b>CO<sub>2</sub>-eq kt</b>	213.028	344.725	265.813	254.513	258.692	253.384

Fuente: Elaboración propia a partir del INGEI 2020.

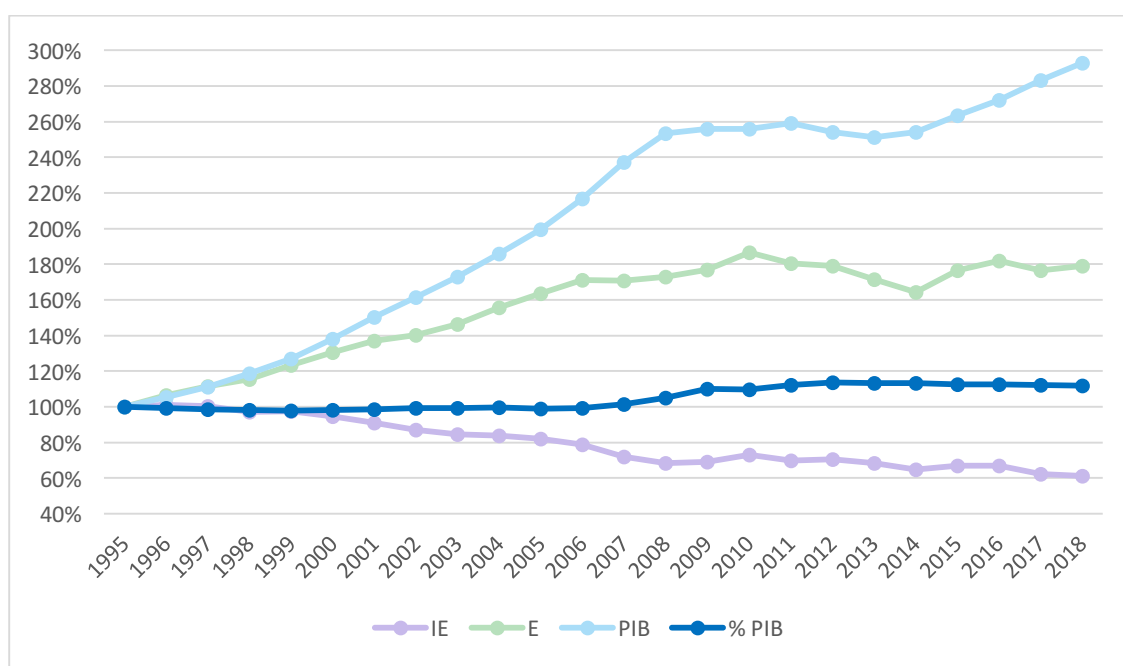
El sector energético es el más significativo en cuanto a las emisiones de GEI, generando en 2018 el 75,8% del total de las emisiones brutas nacionales (253.384 CO<sub>2</sub>-eq kt) y el 17,8% de las emisiones netas (INGEI, 2020). Dentro del sector energético, son el transporte de energía y las industrias como la transformación de combustibles fósiles, las centrales térmicas y las refinerías de petróleo los principales emisores de GEI, con un 36% y 29% de las emisiones del sector en 2018, respectivamente. Tal y como evidencia la Tabla 5, las emisiones aumentaron hasta 2005, año en el que se alcanzó el máximo de la serie, para luego adentrarse en una tendencia a la reducción, aunque de forma muy moderada. Las caídas de las emisiones son ocasionadas principalmente por la caída del consumo energético, y por la variación en el mix energético, reduciendo el consumo de gas natural y carbon para ascender la producción energética de energías renovables.

La intensidad de las emisiones se debe fundamentalmente al mix energético. Así pues, en los años con mayor producción por fuentes de energía renovables –como la hidráulica, la eólica, la solar y la biomasa-, las emisiones se reducen considerablemente, mientras que los años en los que aumenta la producción energética por medio de combustibles fósiles –como en las centrales termoeléctricas- las emisiones de GEI se intensifican (Cámara et al, 2013). De esto se concluye que la sustitución del consumo de energía no renovable por energía renovable en el país constituye una de las prioridades del país para la lucha contra el cambio climático.

## D. Sector Terciario y Residencial

Debido a que la clasificación del INE sobre el PIB no ofrece datos particularizados del sector residencial, en este trabajo van a incluirse los datos de consumo energético del sector residencial proporcionados por el IEA en el sector servicios. A continuación, debido a la especial relevancia en el consumo energético y de emisiones GEI de estos dos sub-sectores, se hará referencia al sector residencial y del transporte.

**Gráfico 11.-** Evolución del IE, E, PIB y participación en el PIB del sector servicios con base 1995 = 100.



Fuente: Elaboración propia.

Con una participación media del 63,29% (entre 1995-2018) de los servicios en el PIB, esta rama de actividad se proclama indudablemente como el sector con mayor peso en la economía española. No debe subestimarse el hecho de que la participación sectorial hay aumentado solo un 12% entre 1995 y 2018, ya que teniendo en cuenta el elevado peso de este sector en todo el periodo, este aumento corresponde a 536.179 millones de euros. Dicho de otra manera, el valor del PIB del sector terciario en 2018 equivale al 292,84% del valor en el año base. Desde finales del siglo pasado, España ha sufrido una terciarización de su economía, siendo determinantes la urbanización, la industrialización, el desarrollo del turismo, los servicios públicos, y la incorporación de la mujer al mercado laboral. El crecimiento del PIB de este sector se estancó entre 2008 y 2013 debido a la recesión económica provocada por la crisis, pero a partir de 2014 vuelve a manifestar una

fuerte tendencia al alza. Por tanto, el incremento sostenido de los servicios en la estructura económica española ha tenido un efecto impulsor del consumo energético.

La evolución del consumo de energía de este sector presentó un aumento pronunciado hasta 2008 aproximadamente, para después disminuir en los años afectados por la crisis económica. A partir de 2014 el consumo energético vuelve a aumentar levemente hasta estabilizarse en los últimos años en torno a los 25.587 ktep, cifra con la que finaliza el periodo en 2018. Dentro de los servicios, los subsectores más ineficientes en el uso de la energía final son el residencial y los transportes, que será analizado en el siguiente apartado. Además, el desarrollo del sector del turismo tuvo un efecto negativo para la reducción de la IE en España. La hostelería y la restauración generan una producción económica relativamente menor a la de otros subsectores de los servicios, pero a su vez lleva a cabo un uso más intensivo de la energía.

**Tabla 10.-** Comparación de la IE total y del sector servicios en 2016, 2017 y 2018.

	2016	2017	2018
<b>IE servicios</b>	0,0344	0,0321	0,0314
<b>IE total</b>	0,0798	0,0736	0,0822

Fuente: Elaboración propia.

La IE del sector servicios ha disminuido en un 38,9% entre 1995 y 2018. Esto refleja el llamado efecto de «desmaterialización económica», que equivale a una reducción del consumo de recursos para producir una unidad de producción, mostrando una mejora del indicador IE (Carpintero, 2003). La terciarización implica que, conforme la economía crece y el sector servicios va ganando peso, como este sector es menos intensivo en energía, la eficiencia energética mejora, reduciendo las necesidades energéticas del país. Llama la atención que es el único gran sector que muestra una IE menor al total nacional y, debido al importante papel de los servicios en la economía, propicia el decrecimiento de este indicador, mejorando así eficiencia energética española.

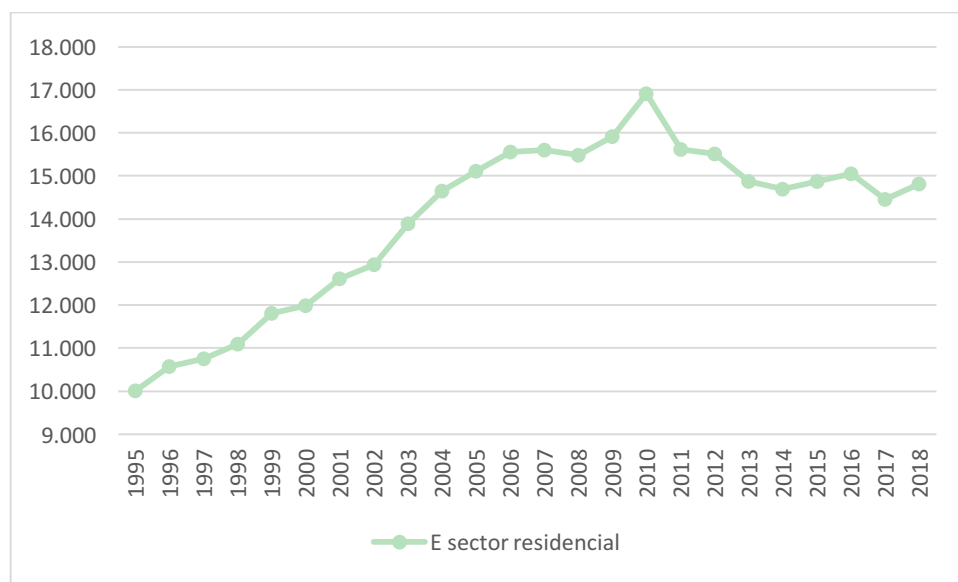
**Tabla 11.-** Evolución de las emisiones GEI en el sector servicios (sin incluir el sector residencial).

	1990	2005	2015	2017	2018
<b>CO2-eq kt</b>	3.830	9.109	11.455	12.244	12.647

Fuente: Elaboración propia a partir del INGEI 2020.

Los servicios son la rama de actividad que mayor incremento en sus emisiones de GEI ha experimentado en el periodo estudiado, con un incremento del 230% entre 1990 y 2018 (8.817 CO<sub>2</sub>-eq kt).

**Gráfico 12.-** Evolución del consumo energético del sector residencial (ktep).



Fuente: Elaboración propia.

Sin contar el transporte, el sector residencial es el subsector que más energía final consume dentro de la rama de los servicios. Pueden observarse dos periodos claramente diferenciados. En el periodo 1995-2010 el consumo creció intensamente hasta alcanzar el máximo con 16.906 ktep en 2010. En el segundo periodo se caracteriza por una ligera caída hasta 2013, para luego estabilizarse relativamente hasta 2018 en torno a los 14.800 ktep. El consumo energético de los hogares depende principalmente de factores climatológicos, del crecimiento poblacional y económico, y el número de viviendas. En el primer periodo diferenciado, el crecimiento económico, de la población y la construcción de viviendas para cubrir las nuevas necesidades impulsó el consumo de los hogares. Asimismo, la implantación aparatos eléctricos como los electrodomésticos, los aparatos de calefacción y la ofimática fueron clave para dicho impulso.

El consumo energético de los sistemas de calefacción va de la mano de las condiciones climatológicas de la zona por lo que España, al igual que el resto de países del Mediterráneo demandan menos energía para calefacción que el resto de países europeos. Sin embargo, el tamaño de las viviendas, el aislamiento de los edificios, los sistemas de calefacción utilizados, y la antigüedad de los mismos son elementos que



influyen negativamente a la eficiencia del consumo de los hogares. Para la mejora de este indicador, el Gobierno de España aprobó en 2006 el Código Técnico de Edificación, que exige mejores niveles de aislamiento y de aprovechamiento energético en el diseño de las viviendas.

**Tabla 12.-** Evolución de las emisiones GEI en el sector residencial.

	1990	2005	2015	2017	2018
<b>CO2-eq kt</b>	13.720	21.740	17.195	15.564	15.693

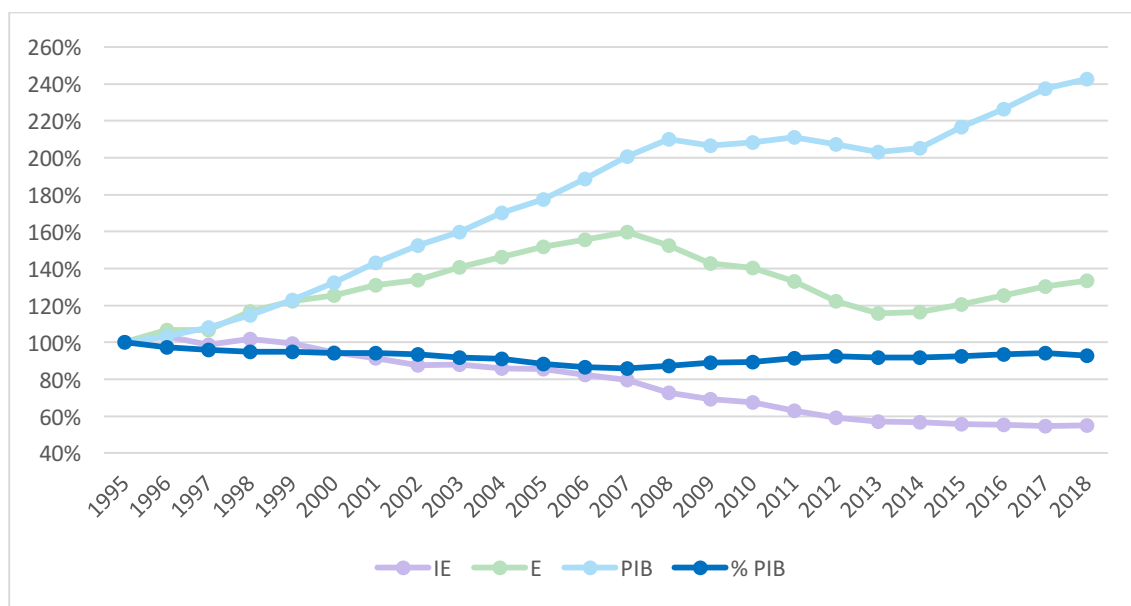
Fuente: Elaboración propia a partir del INGEI 2020.

En consonancia con sus consumos energéticos, el entro del sector servicios, el subsector residencial es el que mayores emisiones de GEI genera dentro del sector servicios. El aumento de las emisiones de GEI ha sido más moderado en este sector, con una diferencia positiva del 14,38%, esto es, de 1.973 CO<sub>2</sub>-eq kt.

## E. Sector del Transporte

El sector del transporte es uno de los más importantes para este trabajo por su peso en el consumo de energía y en emisiones de CO<sub>2</sub> en la economía. Sin embargo, el INE no incluye una categoría específica del transporte en el PIB, pero sí contiene el subsector dentro del sector servicios el relativo al «Comercio, transporte y hostelería», por lo que éste será utilizado para el análisis del sector transporte. Es necesario mencionar, por tanto, que los datos relativos a la IE no serán tan precisos como en el resto de sectores analizados, puesto que el consumo energético se refiere exclusivamente al sector transporte, y el PIB incluye además de este, el comercio y la hostelería.

**Gráfico 13.-** Evolución del IE, E, PIB y participación en el PIB del subsector “Comercio, transporte y hostelería” con base 1995 = 100.



Fuente: Elaboración propia.

Se observan tres periodos claramente diferenciados en la evolución del PIB del subsector del transporte, comercio y hostelería. El primer periodo (1995-2008) presenta una persistente tendencia al alza causada por la terciarización de la economía en España y, en particular, por la expansión del turismo, que incide directamente en las actividades relativas al comercio, la hostelería y el transporte. Factores como la globalización, el aumento de la renta disponible y la mejora de las infraestructuras han impulsado esta rama de actividad. De hecho, el PIB de 2008 (222.353 millones de euros) supera el doble de su valor en 1995 (105.816 millones de euros), lo que supone un aumento de 116.537 millones de euros en poco más de una década. En el segundo periodo (2008-2014) el

crecimiento de la producción de este subsector se estanca debido al impacto de la crisis económica, manteniéndose próximo a los 220.000 millones de euros. Por último, en el periodo (2015-2018) la recuperación económica impulsa de nuevo el crecimiento de dichas actividades en un nuevo hasta alcanzar los 150.764 millones euros de producción en 2018. Esto supone un aumento del 18,12% entre 2014 y 2018 (+39.367 millones de euros).

Aunque estas actividades experimentan un enorme crecimiento, también lo hace el total del PIB nacional, por lo que su participación sectorial apenas varía en el periodo estudiado, con un promedio del 21,20%.

La intensa movilidad personas y mercancías justifica que el Transporte se configure como el sector con mayor consumo energético, haciendo un uso del 37,4% del total en 2018. La globalización, la especialización de los mercados, la creciente movilidad de personas, y el crecimiento de la población y de la actividad económica han impulsado este sector a un incremento del consumo energético del 33,43%, con una diferencia de 8.074 ktep entre 1995 (24.151 ktep) y 2018 (32.255 ktep). El máximo relativo del periodo se da en 2007, con un consumo de 38.607 ktep de energía. A partir de ese momento, el consumo desciende debido a la recesión económica hasta 2013 (27.926 ktep). A partir de 2014, la recuperación económica hace que consumo vuelva a aumentar, aunque de forma más moderada que el PIB.

Existen diversos modos de transporte, que pueden dividirse en cuatro grandes grupos: transporte por carretera, por ferrocarril, el marítimo y el aéreo. De estos cuatro, el transporte por carretera es el más utilizado debido a que satisface mejor las necesidades empresariales y a que es el más conveniente para distancias cortas. El 75% del transporte de mercancías en España se realiza por carretera, frente a un 7% por navegación marítima y tan sólo un 4% por ferrocarril (Rama, 2020). Es evidente que la estructura en España, tanto para el transporte de mercancías como de personas, está basado en el transporte por carretera. Lamentablemente, el transporte por carretera es el menos eficiente energéticamente de estos cuatro tipos y por su peso, afecta negativamente a la eficiencia energética de todo el sector. Por consiguiente, el efecto escala o población y el efecto actividad afectan directamente, e intensifican las demandas energéticas de este sector.

La eficiencia energética de este sector ha mejorado notablemente en este periodo de tiempo. La reducción de la cantidad de energía utilizada para generar una unidad de PIB tiene un efecto negativo en el consumo energético, reduciendo su valor relativo. La

IE sectorial de 0,2282 ktep/millón € en 1995 disminuye en un 45%, hasta alcanzar en 2018 una IE de 0,1256 ktep/millón €. En los años afectados por la crisis económica la caída de la IE es mayor debido al hecho de que, mientras que la actividad económica del sector se mantenía relativamente constante, el consumo energético siguió reduciéndose. A partir, de 2014 la IE continuó disminuyendo, aunque de forma mucho más moderada.

**Tabla 13.- Emisiones GEI en el sector del transporte por tipo de transporte.**

EMISIONES CO2-eq kt	1990	2005	2015	2017	2018
Transporte aéreo internacional	1.679	4.031	2.500	2.829	3.056
Transporte por carretera	51.270	93.147	79.275	82.754	83.659
Transporte por ferrocarril	423	312	245	245	253
Tráfico marítimo nacional	5.268	4.836	1.355	3.066	3.160

Fuente: Elaboración propia a partir del INGEI 2020.

Lógicamente, el sector que más energía utiliza es también el que más emisiones de GEI genera, deteriorando la calidad del aire en las ciudades. En 2018 fue el sector con mayor nivel de emisiones netas, con un 27% del total en España. Las emisiones de GEI experimentaron un crecimiento ininterrumpido, hasta los años de crisis económica, en los que se redujeron levemente, pero a partir de 2012 volvió la tendencia al alza.

El transporte por carretera es, además del modo de transporte que más energía consume, el que más emisiones de GEI genera con diferencia, tal y como puede verse en la tabla 12. Estas emisiones se deben al consumo de combustibles fósiles como gasolina gasóleo, gas natural y gases licuados del petróleo. En concreto, el gasóleo y la gasolina del transporte por carretera generaron, respetivamente, el 19,9% y el 4,6% de las emisiones totales de GEI en 2018 (INGEI, 2020).

Las emisiones de GEI del transporte marítimo experimentan un descenso sostenido hasta alcanzar su mínimo en 2014. A partir de ese año, el repunte de este modo de transporte en los últimos años ha hecho que vuelvan a aumentar las emisiones. Por el contrario, las emisiones del transporte por ferrocarril se mantienen extremadamente bajas en todo el periodo estudiado, por lo que es una buena alternativa a desarrollar como medio de transporte.

Desde el punto de vista económico, productivo, y ambiental, la falta de eficiencia energética del sector del transporte es uno de los grandes problemas del país. Las propuestas del gobierno para mejorar la eficiencia energética de este sector van encaminadas a la desvinculación del desarrollo económico del transporte. En este contexto, los objetivos se centran en la optimización de la organización del transporte para aumentar la eficiencia, la reducción de las distancias entre desplazamientos y la sustitución de combustibles fósiles por energías más limpias, entre otras. Además, numerosos expertos propugnan el uso más intenso del transporte por ferrocarril, cuyas emisiones son mínimas en comparación con los demás medios de transporte. Alcántara (2009) considera que la situación del transporte es insostenible, siendo necesaria una reforma estructural profunda del sector de la forma más inmediata posible.

## 4. CONCLUSIONES

**PRIMERA.** - El cambio climático es uno de los mayores desafíos a los que la humanidad se enfrenta en actualidad. Este fenómeno se intensifica por los gases de efecto invernadero, el principal responsable del efecto invernadero, y como consecuencia se produce el calentamiento global. En este contexto, la opinión científica declara que superar los 2°C por encima del nivel de 1990 tendría consecuencias irreversibles para nuestro planeta. También hay consenso respecto a la insostenibilidad de nuestro modelo de producción y consumo energético actual, jugando la combustión energética un papel fundamental en las emisiones de GEI. Por eso, resulta conveniente controlar la eficiencia energética por medio del consumo energético asociado al crecimiento económico.

**SEGUNDA.** - Los indicadores estudiados en este trabajo son, por tanto, el PIB, el consumo energético y las emisiones de GEI. El crecimiento sostenido del PIB hasta 2008 ha venido acompañado de un aumento del consumo energético para satisfacer las crecientes necesidades energéticas del país, lo que a su vez provocó un incremento en las emisiones de GEI. Pero luego, la crisis económica provocó un descenso dramático de estos tres factores. Y en el último periodo a partir de 2014 cada uno de los tres experimentó una evolución distinta: el PIB creció muy por encima del primer periodo estudiado, el consumo energético aumentó moderadamente y las emisiones de GEI fluctuaron en torno a niveles similares a los de 1995.

**TERCERA.** – Según la identidad IPAT, estos tres factores se relacionan de forma que la intensidad emisora ( $C/PIB$ ) es el producto de la intensidad energética ( $E/PIB$ ) y el factor de carbonización ( $C/E$ ). La intensidad emisora ha sido el indicador que más se ha reducido en el periodo estudiado, lo que indica un cierto desacoplamiento del desarrollo económico con las emisiones de GEI. Por otro lado, la evolución de la intensidad energética se ha visto marcada por el progreso tecnológico, cambios en la estructura productiva, en la intensidad sectorial, y en los combustibles utilizados. Este indicador aumentó ligeramente hasta 2005, pero a partir de ese año disminuyó notablemente manifestando una clara mejora de la eficiencia energética del país. Por último, el factor de carbonización, determinado por el cambio tecnológico y la estructura de las fuentes energéticas, ha sido el índice que menos ha disminuido de los tres, casi un 20%. Por todo esto, cabe concluir que España produce cada vez de forma más eficiente, tanto a nivel energético como ambiental.

**CUARTA.** - Aunque el PIB del sector agrícola casi se ha duplicado entre 1995 y 2018, su peso en la economía ha sido cada vez menor. El consumo energético no presenta una tendencia clara, sino que fluctúa motivado por el crecimiento del PIB, las fluctuaciones de la IE y por su pérdida de participación sectorial. La energía utiliza principalmente en el uso de maquinaria agrícola, para las explotaciones agrícolas, forestales y ganaderas, y para el regadío. Por tanto, la mejora de la eficiencia del sector vendrá por la limitación del uso de los combustibles fósiles, por una maquinaria más eficiente y por la implantación de métodos de menor consumo como la siembra directa.

**QUINTA.** - El PIB del sector industrial creció con una fuerte pendiente hasta 2008, año en el que alcanzó su máximo, después se desplomó con la crisis económica, y en los últimos años ha repuntado por la recuperación económica. Aunque la participación sectorial en el PIB se ha mantenido relativamente estable, ha perdido peso por la terciarización de la economía española. La construcción es un subsector clave para explicar esta evolución, puesto que ha sido el sector más afectado por el PIB. El consumo energético ha ido reduciéndose escalonadamente, hasta conseguir una reducción de la IE de casi el 50% entre 1995 y 2018, causada por el progreso tecnológico.

**SEXTA.** - El sector energético es el segundo sector que más energía consume en España, siendo el encargado de transformar la energía primaria en final, lo que explica que su IE sea muy superior a la media española. Debido al aumento de las necesidades energéticas del país, el sector ha duplicado su consumo energético en el periodo estudiado. Es el sector más relevante en cuanto a emisiones de GEI, generando el 75,8% del total. Por consiguiente, la sustitución de los combustibles fósiles por energías renovables constituye una de las prioridades del país para la lucha contra el cambio climático.

**SÉPTIMA.** - El sector servicios y residencial es el que tiene mayor peso en la economía, con una participación media del 63,29% entre 1995 y 2018. La desmaterialización económica ha hecho que la IE haya disminuido un 38,9% en este periodo. Aunque sea el único sector con una IE menor a la media total, su gran peso propicia la bajada del índice total. Dentro de este sector, los subsectores más ineficientes en el uso de energía son el residencial y el transporte. Sin incluir el transporte, el sector residencial es el subsector que más energía final consume. Este consumo creció hasta 2010 por el crecimiento económico y poblacional, luego se redujo hasta 2013, y en el último periodo se estabilizó en torno a los 14.800 ktep. Además, después del transporte también sería el sector con

mayores emisiones de GEI, aunque se están reduciendo en los últimos dos años, mostrando una mejora de la intensidad emisora.

**OCTAVA.** - El transporte es el sector con mayor consumo energético y con mayores emisiones de GEI y, por lo tanto, el más importante para este trabajo. En todo el periodo, el PIB ha experimentado un aumento continuado. El consumo energético aumentó hasta 2007, año en el que alcanzó su máximo. Luego se redujo en los años de crisis económica y presentó un repunte a partir de 2014. Como consecuencia, la IE ha mejorado notablemente, disminuyendo en un 45% entre 1995 y 2018, pero aún queda mucho camino por recorrer. Dentro del sector, el modo de transporte por carretera es el más utilizado tanto para el transporte de mercancías como de pasajeros, pero a su vez es el más ineficiente en consumo energético y el que más emisiones de GEI genera. Por ello, los expertos propugnan por un cambio estructural hacia modos de transporte más limpios ambientalmente, como el transporte ferroviario.

**NOVENA.** - Como conclusión, España es un país con un elevado margen de mejora en cuanto a su eficiencia energética y la limitación de las emisiones de GEI. Todos los sectores tienen trabajo por hacer y deberán superar sus debilidades para aprovechar sus fortalezas en el uso energético. No obstante, no cabe duda de que los esfuerzos deberán concentrarse en los sectores más relevantes desde la perspectiva de eficiencia energética, esto es, los sectores energéticos, del transporte e industrial. Para ello, será precisa una mayor inversión y cooperación entre sectores en la carrera del progreso tecnológico y de la innovación, así como la sustitución paulatina de los combustibles fósiles por energías renovables.

Por último, es necesario mencionar que en este trabajo se han encontrado limitaciones por la falta de equivalencia exacta en la clasificación sectorial ofrecida por el INE y por el IAE en lo relativo a los términos del PIB sectorial, el consumo energético y las emisiones de GEI. En concreto, el mayor obstáculo ha sido que el INE recoge los datos relativos al transporte junto con el comercio y la hostelería. Por consiguiente, no ha sido posible analizar este sector tan relevante para la mejora de la eficiencia energética de forma separada, y por tanto, más precisa.



## 5. BIBLIOGRAFÍA

- Agenda ODS 2030: Proyecto de documento final de la cumbre de las Naciones Unidas para la aprobación de la agenda para el desarrollo después de 2015, de 12 de agosto de 2015, A/69/L.85.
- ALCÁNTARA ESCOLANO, V. (2009): «Evolución de las emisiones de gases de efecto invernadero en España», *Papeles de Economía Española*, nº 121.
- ALCÁNTARA ESCOLANO, V. y PADILLA ROSA, E., (2010): «Determinantes del crecimiento de las emisiones de gases de efecto invernadero en España (1990-2007)», *Revista Gallega de Economía*, vol. 19, nº 1, p. 1-15.
- Análisis panorámico. Acción de la UE en materia de energía y cambio climático, elaborado por el Tribunal de Cuentas Europeo (2017).
- ANG, B.W. (1999): «Is the energy intensity a less useful indicator than the carbon factor in the study of climate change?», *Energy Policy*, nº 27, pp. 943-946.
- ANG, B.W. (2004): «Decomposition analysis for policymaking in energy: which is the preferred method?», *Energy Policy*, nº 32, pp. 1.131-1.139.
- CÁMARA, A., FLORES, M. y FUENTES, P. (2013): «Análisis de las emisiones asociadas al sector energético en España», *Revista de Economía Aplicada*, vol. Nº 31-1, pp. 151-170.
- CARPINTERO, O. (2003): «Los costes ambientales del sector servicios y la nueva economía: entre la desmaterialización y el efecto rebote», *Revista de Economía Industrial*, nº 352, pp. 59-76.
- CARPINTERO, O. y RIECHMANN, J. (2013): «Pensar en la transición: enseñanzas y estrategias económico-ecológicas», *Revista de Economía Crítica*, nº16, pp. 45-107.
- CARPINTERO, O. y NIETO, J. (2016): *Evaluación de planes de transición energética hacia sociedades postcarbono*.
- CHAS, M.L., (2010): «La elaboración de estadísticas energéticas. Comparación del balance energético gallego y de otras comunidades autónomas», *Revista Galega de Economía*, vol. 19, nº 1, p. 9.
- Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, FCCC/INFORMAL/84 GE.05-62301 (S) 220705 220705.
- EMBER & AGORA ENERGIWENDE (2021): «Europe's Power Sector in 2020». Consultado el 28 de marzo de 2021. Disponible en <https://ember-climate.org/project/eu-power-sector-2020/>.

- Europe's Power Sector in 2020", publicado por Ember and Agora Energiwende (25 enero 2021) Consultado el 28 de marzo de 2021. Disponible en <https://ember-climate.org/project/eu-power-sector-2020/>.
- Greenpeace: Cambio climático. Consultado el 10 de febrero de 2021. Disponible en <https://es.greenpeace.org/es/trabajamos-en/cambio-climatico/>.
- KAYA, Y. (1989): *Impact of Carbon Dioxide Emission Control in GNP Growth: interpretation of proposed Scenarios* (Intergovernmental Panel on Climate Change/response Strategies Working Group), citado en Alcántara y Padilla (2010).
- Libro Verde de la Comisión, de 8 de marzo de 2006, «Estrategia europea para una energía sostenible, competitiva y segura» COM (2006) 105.
- "Máximo histórico: las renovables cubren el 64% de la demanda en febrero 2021", en *PV Magazine*, 1 marzo 2021. Consultado el 28 de marzo de 2021. Disponible en <https://www.pv-magazine.es/2021/03/01/maximo-historico-las-renovables-cubren-el-64-de-la-demanda-en-febrero/>.
- Marco de indicadores mundiales para los Objetivos de Desarrollo Sostenible y metas de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (A/RES/71/313; E/CN.3/2020/2).
- MENDILUCE VILLANUEVA, M., (2010): *La intensidad energética en España: claves para entender su evolución*, Tesis doctoral de la Universidad Pontificia Comillas de Madrid.
- MIELNIK, O. y GOLDEMBERG, J., (1999): «The evolution of the carbonization index in developing countries», *Energy Policy*, nº 27, pp. 307-308.
- Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021 – 2030.
- RAMA, L. (2020): «España, vagón de cola del transporte ferroviario de mercancías: solo el 4% va en tren», *Revista Voz Pópuli*. Consultado el 5 de abril de 2021. Disponible en [https://www.vozpopuli.com/espana/transporte-ferroviario-mercancias-tren-corredor-mediterraneo\\_0\\_1411959823.html#:~:text=Los%20datos%20recogidos%20por%20Eurostat,otro%20%25%20por%20navegaci%C3%B3n%20fluvial](https://www.vozpopuli.com/espana/transporte-ferroviario-mercancias-tren-corredor-mediterraneo_0_1411959823.html#:~:text=Los%20datos%20recogidos%20por%20Eurostat,otro%20%25%20por%20navegaci%C3%B3n%20fluvial).
- Real Decreto-ley 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores.
- ROCA, J. y ALCÁNTARA, V. (2001) «Energy intensity, CO<sub>2</sub> emissions and the environmental Kuznets curve. The Spanish case», *Energy Policy*, nº 29, pp. 553-556.
- ROCA, J. y PADILLA, E. (2003): «Emisiones atmosféricas y crecimiento económico en España. La curva de Kuznets ambiental y el Protocolo de Kyoto», *Economía Industrial*, nº 351, pp. 73-86.